

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA MATERIAIS E EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

PAVIMENTAÇÃO

2022



Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

www.arteris.com.br

DIRETORIA DE MANUTENÇÃO E CONSERVA

APRESENTAÇÃO

Este documento contém todas as especificações técnicas de materiais e serviços necessárias para prover diretrizes de qualidade em obras de pavimentação executadas nas rodovias administradas por empresas do grupo Arteris.

Todas as diretrizes aqui estabelecidas foram discutidas e validadas por um comitê técnico designado pela Diretoria de Manutenção e Conserva. Todas estas diretrizes deverão ser seguidas integralmente para aceitação dos serviços, salvo disposições contrárias presentes no termo de referência utilizado para contratação das obras e serviços.

Este documento será revisado e atualizado anualmente.

COMITÊ TÉCNICO 2022

Luiz Marcelo de Souza – Diretor de Manutenção e Conserva, Arteris S.A.;

Celso Luiz Romeiro Júnior – Gerente de Pavimentos, Arteris S.A.;

Mateus Wobeto – Gerente de Manutenção e Conserva, Arteris S.A.;

Hugo André Florêncio – Gerente de Laboratório, Arteris S.A.;

Guilherme Rodrigues Linhares – Coordenador de Laboratório, Arteris S.A.;

Cláudio Rafael Alves Moreira – Engenheiro Civil, Arteris S.A.;

André Lopes – Laboratorista, representante Autopista Fluminense;

André Supp Martins – Coordenador de Laboratório, representante Regional Sul (Autopista Litoral Sul, Autopista Régis Bittencourt e Autopista Planalto Sul);

Diogo Bento de Moraes – Engenheiro Civil, representante Autopista Fernão Dias;

Tiago Simione Azzoni – Coordenador de Laboratório, representante Estaduais (intervias e Via Paulista).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
COMITÊ TÉCNICO 2022	1
SUMÁRIO.....	2
ARTERIS ES 001 - REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	4
ARTERIS ES 002 – REFORÇO DO SUBLEITO	11
ARTERIS ES 003 – RACHÃO.....	18
ARTERIS ES 005 – SOLO CAL.....	25
ARTERIS ES 006 – MICRO CONCRETO BETUMINOSO A FRIO COM CAMADA DE BLOQUEIO	34
ARTERIS ES 007 – SUB-BASE OU BASE DE SOLO-BRITA-CIMENTO	52
ARTERIS ES 008 – BRITA GRADUADA SIMPLES	65
ARTERIS ES 009 – BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO	74
ARTERIS ES 010 – MANTAS GEOTÊXTEIS EM DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	86
ARTERIS ES 011 – MACADAME SECO	89
ARTERIS ES 013 – REMENDOS EM PAVIMENTOS	96
ARTERIS ES 014 – CAMADA ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE.....	101
ARTERIS ES 017 – DRENAGEM SUBTERRÂNEA	109
ARTERIS ES 019 – IMPRIMAÇÃO	116
ARTERIS ES 020 – PINTURA DE LIGAÇÃO	123
ARTERIS ES 022 – MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO	131
ARTERIS ES 023 – BICA CORRIDA	148
ARTERIS ES 024 – SELAGEM DE TRINCAS A FRIO	156
ARTERIS ES 025 – MACADAME BETUMINOSO TRAÇADO.....	162
ARTERIS ES 027 – CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE.....	173
ARTERIS ES 028 – CAMADA POROSA DE ATRITO - CPA	207
ARTERIS ES 029 – SELAGEM DE TRINCAS.....	234
ARTERIS ES 031 – STONE MATRIX ASPHALT - SMA.....	241
ARTERIS ES 038 – FRESAGEM CONVENCIONAL, FRESAGEM FINA E MICROFRESAGEM A FRIO.....	268
ARTERIS ES 039 – RECICLAGEM DE CAMADAS MELHORADAS COM CIMENTO EM USINAS	276
ARTERIS ES 041 – DRENO DE PAVIMENTO	287
ARTERIS ES 042 – REMENDOS PROFUNDOS.....	299
ARTERIS ES 044 – CORREÇÃO DE GRADE EM ACOSTAMENTOS	303
ARTERIS ES 048 – PAVIMENTO DE CONCRETO	305

ARTERIS ES 056 – PAVIMENTO RÍGIDO – BASE E SUB-BASE DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR).....	328
ARTERIS ES 104 – LIMPEZA DO TERRENO E DESTOCAMENTO	348
ARTERIS ES 105 – ATERRO SOBRE SOLOS COMPRESSÍVEIS	352
ARTERIS ES 106 – TERRAPLANAGEM – EXECUÇÃO DE CORTES.....	361
ARTERIS ES 108 – TERRAPLANAGEM – EXECUÇÃO DE ATERROS	371
ARTERIS ES 130 – TERRAPLANAGEM – COLCHÃO DRENANTE DE AREIA PARA FUNDAÇÃO DE ATERRO	390
ARTERIS ES 131 – TRATAMENTO ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS COM UTILIZAÇÃO DE GEOGRELHA.	398
ARTERIS ES 142 – SOLO MELHORADO COM CIMENTO	410
ARTERIS ES 143 – SOLO - CIMENTO	428
ARTERIS ES 150 – TRATAMENTOS SUPERFICIAIS: SIMPLES, DUPLO E TRIPLO	446
ARTERIS EM 200 – FORNECIMENTO DE LIGANTES ASFÁLTICOS PARA SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO	465

Especificação Particular

ARTERIS ES 001 - REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação, aplicação e aceitação da regularização, melhoria e preparo do subleito.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 7181 Solos – Análise Granulométrica.
- ABNT NBR 7180 Solos – Limite de Plasticidade.
- ABNT NBR 6459 Solos – Limite de Liquidez.
- DNIT-ME 164 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Regularização do subleito:

Melhoria e preparo do subleito é o conjunto de operações que visa adequar a camada final de terraplenagem, mediante cortes e aterros de até 20 cm de espessura, conferindo-lhe condições adequadas de geometria e compactação, para recebimento de uma estrutura de pavimento.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1. Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

O material a ser empregado na regularização do subleito deve apresentar características iguais ou superiores às especificadas em projeto de pavimento específico para o subleito, devendo satisfazer as seguintes condições:

- A granulometria determinada conforme NBR 7181 deve ser compatível com a especificada no projeto de dimensionamento do pavimento e o diâmetro máximo das partículas deve ser de 76 mm.
- A dosagem do material deve ser determinada conforme DNIT-ME 164, determinando a massa específica aparente seca máxima (g/cm^3) e sua respectiva umidade ótima (%).
- O CBR determinado conforme DNIT-ME 092, deve ser igual ou superior ao considerado para o subleito no dimensionamento da estrutura de pavimento, e quando não especificado, no mínimo igual ou superior a 6%. A energia de compactação a ser adotada pode ser a normal ou a intermediária, dependendo do tipo de material e do especificado em projeto.
- A expansão determinada no ensaio de CBR, de acordo com a DNIT-ME 092, utilizando a energia especificada no projeto, deve ser igual ou inferior a 2%.

6. EQUIPAMENTO

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris. O equipamento básico para a execução da regularização do subleito compreende as seguintes unidades:

- 6.1. Caminhões basculantes;
- 6.2. Escavadeira hidráulica ou pá carregadeira;
- 6.3. Motoniveladora equipada com escarificador, com dispositivos para controle de profundidade;
- 6.4. Caminhão tanque irrigador de água e distribuidor com no mínimo 6.000 litros de capacidade;
- 6.5. Trator agrícola com arados e grade de discos;
- 6.6. Rolo compressor pneumático ou tipo pé de carneiro.

7. EXECUÇÃO

7.1. Conformação e escarificação

Inicialmente deve-se proceder verificação geral, mediante nivelamento geométrico, comparando as cotas da superfície existente, com as cotas previstas no projeto para a camada final de terraplenagem. Segue-se, posteriormente, a escarificação geral da superfície do subleito obtido até a profundidade de 0,20 m abaixo da plataforma de projeto, nos segmentos em que a terraplenagem estiver concluída.

Caso seja necessária a complementação de materiais, deve-se lançá-los preferencialmente antes da escarificação, para, em seguida, efetuar as operações de pulverização e homogeneização do material. Eventuais fragmentos de pedra com diâmetro superior a 76 mm, raízes ou outros materiais estranhos devem ser removidos.

Com atuação da motoniveladora, através de operações de corte e aterro, deve-se conformar a superfície existente, adequando-a ao projeto, de acordo com os perfis transversais e longitudinais.

Os materiais excedentes resultantes das operações de corte que possuam as características que permitam a sua utilização em: aterros, camada final de terraplenagem ou em outras camadas do pavimento devem ser transportados para locais designados pela fiscalização para utilização posterior, de acordo com o estabelecido em projeto ou indicado pela fiscalização.

Operações de corte ou aterro que excedam a espessura de 0,20 m devem ser executadas conforme discriminado nas especificações de terraplenagem sendo elas: Escavação e Carga de Material, e Aterro.

7.2. Homogeneização do material

O material espalhado e escarificado, após ter atingido a cota desejada, deve ser, umedecido, se necessário, e homogeneizado mediante ação combinada da grade de discos e operações com a motoniveladora.

Essas operações devem prosseguir até que o material se apresente visualmente homogêneo, isento de grumos ou torrões. Admite-se variações do teor de umidade entre -2,0 % a +1,0 % da umidade ótima de compactação.

Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder o umedecimento da camada através de caminhão tanque irrigador. Se o teor de umidade de campo exceder ao limite superior especificado, deve-se aerar o material mediante ação conjunta da grade de discos e da motoniveladora, para que o material atinja o intervalo da umidade especificada.

7.3. Compactação

Após terminada a operação de espalhamento, a camada de regularização deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de no máximo +1 % ou no mínimo –2 % pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 5.1.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão, no mínimo, 30 cm da largura da faixa anteriormente compactada.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.1.

A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2.

8.1. Materiais

- Uma granulometria determinada conforme NBR 7181 na ocasião da dosagem.

- Uma dosagem a cada material coletado conforme DNIT-ME 164.
- Uma determinação dos limites de Atterberg (NBR 7180 e NBR 6459) na ocasião da dosagem.
- Uma curva de CBR e expansão conforme DNIT-ME 049 na ocasião da dosagem ou mudança no material.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER ME-092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo. Este ensaio também servirá para medir a espessura da camada executada.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER ME-024) ou pelo FWD a cada 20 m de faixa. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

8.2. Geométrico

- As variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo superior a 95% da espessura de projeto.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento. O lote, para o controle estatístico, a ser adotado pode ser por tempo ou extensão. Por exemplo, uma semana de trabalho ou 1 km de pista.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras												k = coeficiente multiplicador						

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM	DOSAGEM DO SOLO	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	-	DNIT ME-164
	GRANULOMETRIA DO SOLO	Na dosagem ou material mudar	-	ABNT NBR 7181
	LIMITES DE ATTERBERG	Na dosagem ou material mudar	-	ABNT NBR 7180 ABNT NBR 6459
	CBR	Na dosagem ou material mudar	$\geq +2\%$ do CBR projeto	DNIT ME-049
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	$\leq 2\%$	DNIT ME-049
PISTA	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} + s \leq D_{proj.}$	DNIT ME-024

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de pista	$\geq 100\%$ (Energia especificada)	DNIT ME-092
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} - ks > 95\%$ da espessura de projeto	Linha e trena / topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 002 – REFORÇO DO SUBLEITO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada no transporte, aplicação e aceitação da regularização, melhoria e preparo do reforço de subleito.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 7181 Solos – Análise Granulométrica.
- ABNT NBR 7180 Solos – Limite de Plasticidade.
- ABNT NBR 6459 Solos – Limite de Liquidez.
- ARTERIS ME 037. Ensaio triaxial para determinação do módulo de resiliência de base e sub-bases de pavimentos.
- DNIT-ME 164 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Reforço do subleito:

Reforço do subleito de solo selecionado é a camada do pavimento constituída de solo escolhido proveniente de áreas de jazidas ou empréstimos, executada sobre o subleito, com intuito de melhorar a capacidade estrutural do pavimento. Apresenta estabilidade e durabilidade quando adequadamente compactada.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.2. A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade para execução da camada do reforço do subleito.
- 4.3. Durante todo o tempo de execução do reforço do subleito, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 MATERIAL

O material a ser empregado no reforço do subleito deve apresentar características superiores às especificadas em projeto de pavimento específico para o subleito, devendo satisfazer as seguintes condições:

- A granulometria determinada conforme NBR 7181 deve ser compatível com a especificada no projeto de dimensionamento do pavimento e o diâmetro máximo das partículas deve ser de 76 mm.
- A dosagem do material deve ser determinada conforme DNIT-ME 164, determinando a massa específica aparente seca máxima (g/cm^3) e sua respectiva umidade ótima (%).
- O CBR determinado conforme DNIT-ME 092, podendo ser energia normal ou intermediária, onde suas características devem ser:
 - Superior ao do subleito.
 - Igual ou superior ao considerado para reforço do subleito no dimensionamento do pavimento, com um mínimo de 20%.
 - A expansão determinada no ensaio de CBR, de acordo com a DNIT-ME 092, utilizando a energia especificada no projeto, deve ser igual ou inferior a 1%.

- O módulo de resiliência do material deve ser determinado conforme ARTERIS ME 037, e superior a 150 MPa.

6. EQUIPAMENTO

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris. O equipamento básico para a execução da regularização do subleito compreende as seguintes unidades:

Caminhões basculantes para transporte da mistura.

- 6.1. Caminhões basculantes.
- 6.2. Escavadeira hidráulica ou pá carregadeira.
- 6.3. Motoniveladora equipada com escarificador, com dispositivos para controle de profundidade.
- 6.4. Caminhão tanque irrigador de água e distribuidor com no mínimo 6.000 litros de capacidade.
- 6.5. Trator agrícola com arados e grade de discos.
- 6.6. Rolo compressor pneumático, liso e tipo pé de carneiro.

7. EXECUÇÃO

7.1. Espalhamento, mistura e homogeneização

Os materiais escavados a serem utilizados na camada de reforço do subleito devem ser transportados para local de aplicação, descarregados e distribuídos em montes e leiras sobre o subleito, para posterior espalhamento com motoniveladora, de forma a obter a espessura da camada definida em projeto.

Nos casos de correção de umidade, o material deve ser destorrado até pelo menos 60% do total em peso, excluído o material graúdo, que passa na peneira nº 4, de 4,8 mm. Admitem-se variações do teor de umidade entre -2,0 % a +1,0 % em relação à umidade ótima de compactação.

Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder ao umedecimento da camada, através de caminhão tanque irrigador. Se o teor de umidade de campo

exceder ao limite superior especificado, o material deve ser aerado mediante ação conjunta da grade de discos e da motoniveladora para que o material atinja o intervalo da umidade especificado.

O material umedecido e homogeneizado deve ser espalhado de forma regular e uniforme em toda a largura do leito, de forma tal que, após a compactação, sua espessura não exceda 15 cm.

A execução de camadas com espessura superior a 15 cm e limitadas a 20 cm somente serão permitidas pela fiscalização se ficar comprovado que o equipamento empregado é capaz de compactar espessuras maiores, de modo a garantir a uniformidade do grau de compactação em toda a profundidade da camada.

7.2. Compactação

Concluídas as correções necessárias para obtenção do teor ótimo da umidade especificada, deve-se conformar a camada pela ação da motoniveladora, iniciando em seguida a compactação. O equipamento de compactação utilizado deve ser compatível com o tipo de material e com as condições de densificação pretendidas no reforço do subleito. Usualmente rolo do tipo pé de carneiro.

O número de passadas necessárias do equipamento de compactação, para atingir grau de compactação exigido, deve ser determinado experimentalmente na pista.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

7.3. Acabamento

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta da motoniveladora e do rolo de pneus ou liso.

A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vedada a correção de depressões por adição de material.

A densidade aparente da mistura compactada ser checada, determinando o grau de compactação cujo o mesmo, deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.1.

A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2.

8.1. Materiais

- Uma granulometria determinada conforme NBR 7181 na ocasião da dosagem.
- Uma dosagem a cada material coletado conforme DNIT-ME 164.
- Uma determinação dos limites de Atterberg (NBR 7180 e NBR 6459) na ocasião da dosagem.
- Uma curva de CBR e expansão conforme DNIT-ME 049 na ocasião da dosagem ou mudança no material.
- Um ensaio de módulo de resiliência ARTERIS ME 037 na ocasião da dosagem ou mudança no material.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER-ME 092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo. Este ensaio também servirá para medir a espessura da camada executada.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER-ME 024) ou pelo FWD a cada 20 m de faixa. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

8.2. Geométrico

- As variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo superior a 95% da espessura de projeto.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento. O lote, para o controle estatístico, a ser adotado pode ser por tempo ou extensão. Por exemplo, uma semana de trabalho ou 1 km de pista.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras										k = coeficiente multiplicador								

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM	DOSAGEM DO SOLO	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	-	DNIT ME-164
	GRANULOMETRIA DO SOLO	Na dosagem ou material mudar	-	ABNT NBR 7181
	LIMITES DE ATTERBERG	Na dosagem ou material mudar	-	ABNT NBR 7180 ABNT NBR 6459
	CBR	Na dosagem ou material mudar	$\geq +2\%$ do CBR projeto	DNIT ME-049
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	$\leq 2\%$	DNIT ME-049
	MÓDULO DE RESILIÊNCIA	Na dosagem ou material mudar	≥ 150 MPa	ARTERIS ME 037
PISTA	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} + s \leq D_{proj.}$	DNIT ME-024
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de pista	$\geq 100\%$ (Energia especificada)	DNIT ME-092
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} - ks > 95\%$ da espessura de projeto	Linha e trena / topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 003 – RACHÃO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada para a execução de Corpo de Aterro, Camada final de terraplenagem (C.F.T) e Reforço do Subleito com a utilização de Rachão, constituída de pedra obtida diretamente da britagem primária (rachão), tendo os seus vazios preenchidos por agregados miúdos tipo (brita 1, pedrisco e pó de pedra). A camada de rachão executada, resumidamente, nas seguintes etapas:

- Espalhamento e rolagem de uma camada de bloqueio, com 3 a 5 cm de espessura, constituída de agregado miúdo, diretamente sobre o subleito compactado.
- Espalhamento e rolagem inicial do agregado graúdo sobre a camada de bloqueio.
- Preenchimento dos vazios do agregado graúdo através do espalhamento e rolagem de uma camada de enchimento, constituída de agregados miúdos, sobre o mesmo.
- Compactação final da camada.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104.
- ARTERIS T – 27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.
- DNIT – ME 024 – Pavimento – Determinação das Deflexões pela Viga Benkelmen

3. MATERIAS

3.1. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada tipo rachão, produto total da britagem primária, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excessos de partículas lamelares ou alongadas, ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais.

Deve atender à seguinte especificação:

- Durabilidade ao sulfato de sódio: perda máxima de 20%
- Desgaste no ensaio Los Angeles inferior a 55%.
- O diâmetro máximo do agregado deve ser de, no máximo, 200 mm (8"). O material deve ter entre 5% até 25% retido na peneira de 152 mm (6").
- A espessura mínima compactada da camada deve ser de 30,0 cm.

No caso de utilização de britador móvel (tipo lokotrack) poderá ser considerado como parâmetro: diâmetro do agregado deve ser no máximo 200 mm (8"). O material deve ter entre 0% até 25% retido na peneira de 152 mm (6").

3.2. AGREGADO MIUDO

3.2.1. Camada de Bloqueio e de Enchimento

Estas camadas devem ser constituídas por produto de britagem, de acordo com uma das faixas granulométricas descritas na tabela abaixo, de forma a permitir o travamento do agregado graúdo.

Peneiras		Percentagem passando, em peso				
ASTM	Abertura, mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
1"	25,4	100	-	-	-	-
¾"	19,1	-	100	100	-	-
⅜"	9,5	50 – 85	69-100	-	100	100
n.º 4	4,8	-	-	55-100	70-100	60-80
n.º 10	2	25 – 50	40-70	-	-	-
n.º 40	0,42	-	-	20-50	30-60	15-25
n.º 200	0,074	5 – 15	5-20	6-20	8-25	0-12

- Equivalente de areia do material deve ser superior a 40% (ABNT-NBR 12052).

4. EQUIPAMENTOS

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

São indicados os seguintes equipamentos:

- Trator de lâmina, para espalhamento do agregado graúdo e travamento da camada;
- Compactador pesado tipo vibratório corrugado ou similar, para a acomodação e travamento da camada de agregado graúdo;
- Motoniveladora para espalhamento das camadas de bloqueio e enchimento;
- Rolo vibratório liso auto propelido CA-35, CC-43 ou similar para compactação das camadas de bloqueio e de enchimento.

Outros processos podem ser empregados desde que se garanta o travamento do agregado graúdo e atendam uma das faixas especificadas no item 3.2.1.

5. EXECUÇÃO

Compreendem as operações de execução da camada de bloqueio, agregado graúdo e material de enchimento, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada e nas quantidades que permitam após a compressão, atingir a espessura projetada.

A camada de reforço do subleito ou sub-base de agregado graúdo deverá ser executada em uma ou mais camadas (de agregado graúdo + enchimento) de, no mínimo, 25 cm e, no máximo, 50 cm de espessura acabada cada uma, até atingir a espessura total de projeto.

Espessuras inferiores a 25 cm deverá ser considerada a utilização da Especificação de Macadame Seco.

5.1. CAMADA DE BLOQUEIO

Camada de bloqueio ou de isolamento é a porção inferior da camada de rachão, aplicada nos casos em que o rachão é assentado diretamente sobre solos com mais de 35% passando na peneira nº 200 (0,075 mm). Deve ser executada antes do espalhamento do agregado graúdo de forma que cubra toda a largura da plataforma, tendo espessura de 3 e 5 cm, devendo ser rolada com rolo estático liso com uma ou duas passadas.

5.2. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser espalhado em uma camada de espessura constante, uniformemente solta, e disposta de modo que seja obtida a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados.

Este espalhamento deverá ser feito com trator de lâmina, executando-se a seguir, a primeira operação de compressão com equipamento pesado, observando-se a não degradação do agregado graúdo, até que consiga um bom entrosamento do agregado graúdo e a conformação transversal necessária.

5.3. MATERIAL DE ENCHIMENTO E ACABAMENTO

O material de enchimento deve ser espalhado com motoniveladora sobre a camada de agregado graúdo, de modo a preencher os vazios da camada já parcialmente comprimida.

Deve ser feita a seguir a compressão com rolo vibratório corrugado para forçar a penetração do material de enchimento nos vazios da camada de rachão. Se necessário, deve ser adicionado mais agregados finos para preencher as falhas e vazios no agregado graúdo.

A camada de enchimento deve penetrar totalmente na camada de agregado graúdo, regularizando-a.

A compressão deve estar concluída quando desaparecerem as ondulações na frente do rolo e camada de base se apresente completamente firme e travada. Para o acabamento final algumas passadas de rolo vibratório liso até que a superfície esteja desempenada, sem depressões. Caso haja locais com depressão ou segregação de agregado graúdo os mesmos devem ser preenchidos com material de enchimento e compactadas até que toda a área se apresente desempenada, sem segregação ou depressão.

Durante todo o tempo que durar a construção, os materiais e os serviços deverão ser protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da contratada a responsabilidade desta conservação e ações como drenagens provisórias, a fim de evitar acúmulo de água e saturação da camada subsequente.

Nota: O material de enchimento / travamento deve estar seco para evitar o embuchamento durante sua compactação.

6. CONTROLE

6.1. CONTROLE TECNOLÓGICO

Devem ser executados os seguintes controles:

Quadro 1: Agregados		
Tipo de Camada	Quantidade	Descrição do Ensaio
Corpo de Aterro	A cada 5000 m ³	01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
Camada Final de Terrapleno (CFT)	A cada 3000 m ³	
Reforço de Subleito	A cada 2500 m ³	01 ensaio de granulometria de cada produto de britagem

Nota:

(1) Sempre que visualmente se observar alterações mineralógicas nos materiais ou mudança da origem dos agregados, deve ser feito 01 ensaio de abrasão los angeles e 01 ensaio de durabilidade com sulfato de sódio.

(2) A Frequência de ensaios poderá ser reduzida de acordo com a constatação de homogeneidade de valores encontrados ou de acordo com a supervisão.

- 1 Ensaio de granulometria dos agregados miúdos e graúdos (i) a cada 300 metros de pista, (ii) para cada pilha de material estocada ou (iii) a cada dia de trabalho, o que ocorrer primeiro.
- Medidas das deflexões recuperáveis em quantidade suficiente para caracterizar a uniformidade do segmento. O espaçamento máximo admissível para avaliação da deflexão será de 20 metros. A deflexão característica do segmento executado deve ser menor que a deflexão admissível de projeto. Estas medidas devem ser efetuadas através da Viga Benkelman ou FWD (*Falling Weight Deflectometer*).

6.2. VERIFICAÇÃO DE CAMPO

- Uma verificação após o término da compactação e antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação, a fim de liberar a colocação do material de enchimento;
- Uma verificação do enchimento dos vazios, pela constatação de que a camada se encontra completamente firme;
- Os eventuais pontos fracos devem ser corrigidos.

7. ACEITAÇÃO

A aceitação do segmento deve ocorrer por avaliação visual durante a execução dos trabalhos, e após deve ser efetuada a verificação da deflexão e a verificação geométrica.

Conforme o modelo estatístico, deflexão característica (D_c) < deflexão máxima admissível (D_{ma}).

O cálculo da (D_c) será conforme descrito abaixo:

$$D_c = \bar{X} + (d)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

“n” de amostras

Em relação ao controle geométrico, as espessuras das camadas de Rachão deverão ser obtidas por nivelamento, antes do espalhamento e depois da compactação, no eixo e nos bordos, admitindo-se as seguintes tolerâncias, para aceitação dos serviços:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma para implantação e largura medida para manutenção;
- b) $\pm 10\%$, quanto à espessura da camada aplicada, em pontos isolados;
- c) $\pm 5\%$, quanto à espessura da camada de projeto, quando considerado o valor médio.

8. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

A frequência de leituras é definida abaixo conforme a tabela.

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
AGREGADOS	DURABILIDADE	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$\leq 20\%$	ARTERIS ME-104
	EQUIVALENTE DE AREIA	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$> 55\%$	ABNT NBR-12052
	ABRASÃO LOS ANGELES	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$< 55\%$	ABNT NBR-6465

USINA / PISTA	GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO E MÍUDO	1 ensaio (i) a cada 300 metros de pista, (ii) para cada pilha de material estocada ou (iii) a cada dia de trabalho, o que ocorrer primeiro	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	A cada 20 m de Faixa (no mínimo 4 amostras para cada segmento)	$D_c = X + s \leq D_{proj.}$	ARTERIS ME-024
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de faixa	$\pm 10\%$ do Projeto	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Especificação Particular

ARTERIS ES 005 – SOLO CAL

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de camadas de solo cal. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

2.1. Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 6473. Cal virgem e cal hidratada-Análise química.
- ABNT NBR 7175. Cal hidratada para argamassa - Requisitos.
- ABNT NBR 9895. Solo – Índice de suporte Califórnia.
- ABNT NBR 7181. Solo – Análise granulométrica.
- DNER ME 024. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.
- DNIT ME 092. Solos – Determinação da massa específica aparente “*in situ*”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2013.
- DNIT ME 164. Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 2013.
- DNIT ME 213. Solos – Método de determinação da umidade. Rio de Janeiro, 1994.

2.2. Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma.

As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

Camadas constituídas de mistura de solos provenientes de jazidas ou *in loco*, com cal em proporções estabelecidas por dosagem experimental, que apresentam grande estabilidade a água e esforços e durabilidade quando adequadamente compactadas.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. As camadas de solo cal podem ser empregadas como camada de reforço, sub-base ou base de pavimentos.
- 4.2. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.3. Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo-cal, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

- 5.1. Os constituintes para execução da camada de solo cal são: solo selecionado via jazida, cal hidratada do tipo cárnea, com no mínimo 50% de cal solúvel ($\text{CaO}+\text{CaOH}_2$), determinado conforme especificação abaixo e água e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.2. MATERIAL

- 5.2.1. Cal - Deve ser controlada o teor de cal solúvel ($\text{CaO}+\text{CaOH}_2$), determinado conforme NBR 6473, que deve atender a NBR 7175.

- 5.2.2. Água - Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à cal.

- 5.2.3. Solo - Devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na pista ou na jazida. Os lotes para coleta de material devem corresponder a 1.500 m² de camada acabada. Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de

empréstimo e jazidas. Deve ser preferencialmente argiloso, com passante na peneira 0,075 mm superior a 50%.

6. COMPOSIÇÃO DA DOSAGEM

6.1. 6.1- A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.

6.2. 6.2- A composição granulométrica da mistura de solo após da adição da cal hidratada, deve satisfazer no mínimo a 60% do material passante na peneira de 2,0 mm (NBR 7181).

6.3. 6.3- A porcentagem mínima de cal hidratada cálcica deve ser de no mínimo 3% em massa seca de cal em relação a massa seca de solo. A mistura deve atender aos requisitos de resistência conforme abaixo:

- CBR \geq 60% e expansão \leq 0,5% na energia intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para base do pavimento;
- CBR \geq 30% e expansão \leq 1,0% na energia intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para sub-base do pavimento;
- CBR \geq 20% e expansão \leq 1,0% na energia normal ou intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para reforço do pavimento.

6.4. O teor da cal a ser incorporado ao solo deve ser fixado experimentalmente, de modo que a mistura resultante atenda aos parâmetros mínimos exigidos.

6.5. O teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura (com cal incorporada) na energia especificada de compactação, devem ser definidos através do ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 164.

7. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelos fiscais da contratante.

7.1. Caminhões basculantes;

- 7.2. Motoniveladora equipada com escarificador e dispositivos para controle de profundidade, ou;
- 7.3. Distribuidor de agregados automotrices dotados de acabamento ou motoniveladora;
- 7.4. Caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;
- 7.5. Rolos compactadores do tipo pé de carneiro;
- 7.6. Compactadores pneumáticos, de pressão regulável.

8. EXECUÇÃO

8.1. Mistura processada em campo

No caso de utilização de material do próprio subleito ou material importado espalhado na pista, o processamento da mistura na pista deve obedecer às seguintes fases da execução:

- a) preparo da faixa;
- b) pulverização e homogeneização do solo.

Durante a fase de pulverização, deve-se manter o colchão de solo fofo dentro da espessura prevista no projeto, com emprego do escarificador da motoniveladora.

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que no mínimo, 60% do material seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm.

A pulverização deve ser executada com pulvimisturadora; quando não for possível a sua utilização desde o início das operações, a pulverização dever ser iniciada com motoniveladora ou outro equipamento pré-aprovado pela fiscalização da contratante.

Para pulverização pode ser necessário o pré-umedecimento do solo, para facilitar a operação. Salvo determinação da fiscalização, a extensão da faixa escarificada e pulverizada não deve exceder à que possa ser tratada com cal em 2 dias de trabalho.

8.2. Distribuição e mistura da cal

Após a pulverização e regularização do solo, a cal deve ser distribuída uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado pela dosagem, por processo manual ou mecânico.

Quando a distribuição a granel for realizada por processo mecânico, as espalhadoras de cal devem operar em velocidade regular e reduzida obtendo vazão de espalhamento constante e uniforme da cal. Este equipamento deve ser aferido e aprovado pela fiscalização.

Quando a distribuição for manual, a distribuição dos sacos da cal na pista deve ser realizada de forma uniforme, equidistantes uns dos outros. A cal dos sacos deve ser distribuída longitudinalmente e posteriormente espalhados com equipamento manual apropriado.

Antes do espalhamento com rodos de madeira os sacos de cal devem ser contados e anotados, para conferência do teor da cal utilizado na mistura.

Imediatamente após a distribuição da cal, a mistura com solo deve ser executada em toda a espessura da camada pela ação da pulvimisturadora. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário de modo assegurar uma mistura completa, uniforme e íntima do solo com a cal.

Após concluída a mistura e homogeneização do material, deve-se proceder ao umedecimento da camada. A adição de água deve ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que, em cada passada do carro-tanque, o teor de umidade do solo aumente mais que um ponto percentual. A cada aplicação de água, devem-se seguir operações de revolvimento para evitar o acúmulo desta na superfície.

A incorporação de água à mistura deve ser executada sem interrupção de forma que o teor de umidade fique compreendido entre -2,0 % a +1,0 %, da umidade ótima de compactação, obtida descrita conforme ensaio DNIT ME-164.

A mistura de solo-cal deve ser adequadamente espalhada e conformada com motoniveladora, de forma que a espessura solta seja suficiente para que se obtenha a espessura da camada acabada definida em projeto, nunca inferior a 10 cm e no máximo 20 cm. As sub-bases ou bases de espessuras superiores a 20 cm devem ser executadas em mais de uma camada.

8.3. Compactação

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferenciadas de execução, na sequência operacional de utilização dos equipamentos de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado. A compactação deve ser iniciada com os rolos pé de carneiro e finalizada com rolos de pneus.

As operações de compactação devem prosseguir até que se atinja o grau de compactação de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida na energia especificada em projeto de dosagem da mistura.

Após a conclusão da compactação, deve ser feito o acerto final da superfície com motoniveladora, somente em operações de corte, complementado em seguida por algumas passadas com rolos pneumáticos de pressão variável.

8.4. Cura (Base e sub-base)

Todo o trecho, logo após a sua execução de acordo com esta especificação, deve ser submetido a um processo de cura, devendo ser protegido contra a perda rápida de umidade, por pelo menos 3 dias. A pintura de cura deve ser constituída por imprimação com emulsão asfáltica tipo RR-1C ou RR-2C.

A emulsão asfáltica deve ser aplicada com caminhão à razão de 0,6 l/m². Sua aplicação deve ser executada sobre a superfície limpa com jato de ar comprimido, e suficientemente umedecida. O material deve ser aspergado, em uma única aplicação e na temperatura adequada.

Para condições de reforço de pavimento, a cura não será necessária.

9. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionada nesta especificação particular.

9.1. Materiais

9.1.1. Cal - Todo carregamento da cal que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que a cal possui no mínimo 50 % de cal solúvel, e que esta atende a NBR 7175.

9.1.2. Água - Deve ser potável

9.1.3. Mistura fresca:

- Um ensaio de análise granulométrica (NBR 7181) a cada dia de produção. A amostra deve ser coletada antes da adição da cal.
- Um ensaio de compactação (DNIT ME-164), quando houver mudança no projeto de mistura.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-213.
- Determinar do teor da cal: - se a distribuição da cal for realizada por processo mecânico, uma determinação a cada 8h por jornada de trabalho, por intermédio de pesagens; - se a distribuição da cal for manual, efetuar contagem do número de sacos de cal consumidos e comparar com o estabelecido no projeto de dosagem da mistura para subtrecho em execução.
- Determinar após o término da compactação, do teor de umidade e massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com DNIT-ME 092, e o respectivo grau de compactação, em relação os valores obtidos, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada.
- CBR e expansão, conforme NBR 9895, na energia intermediária; uma determinação a cada 1.500 m² de pista.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de pista ou menos a depender do projeto, imediatamente após a conclusão e conformação da camada. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

10. CONTROLE GEOMÉTRICO

Após a execução da camada, proceder-se-á a relocação da plataforma e ao nivelamento do eixo e dos bordos.

Proceder à determinação de pelo menos 5 valores individuais, obtidos por relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 em 20 m alternadamente, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.

Como alternativa, as medidas de espessuras poderão ser realizadas por ocasião da execução do ensaio de massa específica aparente seca “*in situ*” (DNIT ME-092) descrito em 9.5.5. Admitir-se-á

variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nas medições da pista.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, devem ser tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento.

11. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

11.1. Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados no item 9 (Controle de Qualidade), bem como das características geométricas indicadas no item 10 (Controle Geométrico), devem atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras										k = coeficiente multiplicador								

11.2. Critério de Medição

Devem ser medidos os serviços aprovados pelo controle de qualidade e serão pagos considerando as dimensões efetivamente executadas. Os serviços não aprovados devem ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Especificação Particular

ARTERIS ES 006 – MICRO CONCRETO BETUMINOSO A FRIO COM CAMADA DE BLOQUEIO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de uma camada de bloqueio e micro concreto a frio para selagem, impermeabilização, rejuvenescimento e conservação dos pavimentos. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação, rejeição e medição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR-6567 - Emulsão asfáltica - carga da partícula
- ABNT NBR-14393 - Emulsão asfáltica - determinação da peneiração
- ABNT NBR-6570 - Emulsão asfáltica - determinação da sedimentação
- ASTM D-244 - Seção 21 Emulsão Asfáltica - ensaio de resíduo por evaporação
- ABNT NBR-6300 - Emulsão asfáltica - determinação da resistência à água (adesividade)
- ABNT-NBR-14950 - Emulsão asfáltica - determinação da Viscosidade Saybolt-Furol
- DNIT-ME 384 - Estabilidade ao armazenamento de asfalto polímero
- ANBT NBR-6576 - Material asfáltico - determinação da penetração
- ABNT-NBR-6560 - Materiais asfálticos – determinação de ponto de amolecimento
- ARTERIS T-329 - Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos modificados por polímero, pelo método de torção - NLT 329
- ABNT NBR-6465 - Agregados - determinação da abrasão Los Angeles
- ABNT NBR-12052 - Equivalente de areia
- ABNT NBR-7809 - Agregados - Índice de forma.
- DNIT-ME 079/94 - Agregados - adesividade ao ligante asfáltico

- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330.
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
- ARTERIS T-30 - Granulometria com amostras utilizadas no ensaio Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30
- ARTERIS T-164 - Determinação da Porcentagem de ligante com aparelho SOXHLET - AASHTO T-164
- ASTM – 965 - Determinação da Rugosidade Superficial pela Altura de Areia.
- ISSA-A 105 - Lama asfáltica (Slurry Seal)
- ABNT NBR 14746 - Determinação de perda por abrasão úmida (WTAT) - ISSA-TB N° 100
- ABNT NBR 14841 - Determinação de excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina LWT - ISSA-TB N° 109
- ABNT NBR 14757 - Determinação da adesividade de misturas - ISSA-TB N° 114
- ASTM E-303 - Método padrão para medir as propriedades de atrito usando o aparelho pêndulo britânico
- MANUAL ARTERIS MA-002 Qualidade Assegurada e Diretrizes para uso do Micro Concreto a Frio - Manual ISSA

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

3.1. Camada de bloqueio

Consiste na limpeza do pavimento a ser tratado e posteriormente a aplicação de uma camada, uniformemente espalhada. Esta camada é a associação de agregado mineral, material de enchimento (fíler), emulsão asfáltica contendo polímero, água e aditivos, com consistência mais fluida e espalhada uniformemente sobre a superfície previamente preparada. Será a primeira camada da superfície a ser tratada.

3.2. Micro concreto a frio:

Consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (fíler), emulsão asfáltica contendo polímero, água e aditivos, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. A massa deve ser capaz de ser espalhada em espessuras variáveis da seção transversal (cunhas, trilhas de roda, camadas desgastadas ou irregulares) a qual, após a cura e inicial consolidação pelo tráfego, resiste a deformações em toda a superfície independente do teor de asfalto ou espessura. Deve ser aplicada em 1 ou 2 camadas conforme definido no projeto de pavimento ou definido pelo gerente de obra da concessionária.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. A limpeza da superfície a ser tratada deve ser feita com ar comprimido garantindo a remoção de todas as partículas soltas existentes nas trincas e superfície. Caso se constate presença de óleos na superfície a ser tratada, a mesma deve ser lavada com detergentes adequados.
- 4.2. Onde houver trincas ou depressões do tipo de “panelas” devem ser preenchidas com micro antes da aplicação da camada de bloqueio.
- 4.3. A camada de bloqueio deve ser empregada para o preenchimento de fissuras e trincas existentes na superfície a ser tratada. Deve ser bem fluida para permitir que a massa espalhada penetre nas trincas e fissuras antes do rompimento da emulsão. Para isto se deve utilizar uma média de 10% de água de molhagem. A granulometria da mistura deve se enquadrar na faixa II desta especificação. A espessura média da camada deve variar entre 6mm e 8 mm. O teor médio de emulsão para tal camada será de 12,0%.
- 4.4. A seguir será aplicado o micro concreto a frio em 1 ou 2 camadas e deve atender à faixa III ou IV desta especificação. O teor médio de emulsão deve estar entre 9,0% e 11,0%, dependendo da faixa de rolamento (quanto mais pesado o tráfego, menor o teor de emulsão).

- 4.5. A camada deve ser compactada com rolo pneumático.
- 4.6. Só é permitido o espalhamento de micro concreto a frio quando a temperatura estiver acima de 10° C, e subindo.
- 4.7. Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da camada de bloqueio de micro concreto a frio são: agregado pétreo britado, material de enchimento (cimento ou cal hidratada CH-1 e/ou fibra), emulsão asfáltica com polímero, aditivos e água. Todos os constituintes devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

5.1.1. Ligante betuminoso

O ligante betuminoso será emulsão asfáltica modificada com polímero, com ruptura controlada com aditivos. O fabricante da emulsão asfáltica deve certificar que a mesma contém um mínimo de 3% de polímero, baseado na massa de asfalto (residual). A emulsão, depois de ficar em repouso por um período de 24 horas deve apresentar cor marrom homogênea. A emulsão deve atender a especificação DNIT-EM 396 e tabela abaixo.

EMULSÃO		
ENSAIO	MÉTODO	PARÂMETRO
Viscosidade SSF @ 25°C	ABNT NBR 14950	15-90 segundos
Peneiração	ABNT NBR 14393	Máximo 0,30%
Sedimentação, 5 dias	ABNT NBR 6570	Máximo 5%
Estabilidade à estocagem	DNIT ME 384	Máximo 1%
Resíduo na destilação	ASTM D-244 Seção 21	Mínimo 62%
CAP RESIDUAL		
ENSAIO	MÉTODO	PARÂMETRO
Penetração @ 25°C, 100g, 5s	ABNT NBR 6576	35 a 90
Ponto de Amolecimento	ABNT NBR 6560	Mínimo 60°C
Retorno Elástico por Torção	Arteris T-329	Mínimo 45%

Durante a execução dos ensaios de Penetração e retorno elástico o resíduo não deve expelir nenhum material, remanescente do emulsificante (cor marrom).

Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios. Caso haja variações significativas que não possam ser justificadas pelo fornecedor, o mesmo pode ser vetado para fornecimento de produtos nesta e para novas obras.

5.1.2. Aditivos

Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na execução do micro concreto a frio.

5.1.3. Água

Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais que possam romper a emulsão asfáltica antes do seu espalhamento. Será empregada na quantidade necessária a promover consistência adequada.

5.1.4. Agregados

Serão constituídos de rochas britadas e areia lavada.

Os agregados a serem usados devem ter seu uso comprovado com sucesso em obras de micro concreto. A areia lavada, se usada, deve ter a porcentagem máxima na mistura seca limitada a 10%.

Suas partículas individuais devem ser resistentes e angulosas, sem partículas acima do diâmetro máximo e livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (ABNT NBR-6465) no agregado antes da sua britagem.
- Apresentar no ensaio de Índice de Forma Médio (1: n), “n” menor que 4 e ter no máximo 10% de partículas lamelares e alongadas com relação de tamanhos 1: 5 (NBR-7809).
- Durabilidade, perda inferior a 12% no sulfato de sódio (ARTERIS T-104);
- Equivalente de areia igual ou superior a 65% (ABMT NBR-12052).

- Valor de adsorção de azul de metileno em fíler e finos de agregados inferiores a 4 mg/g (ARTERIS T-330).

5.1.5. Material de Enchimento

Deve ser constituído por cimento Portland ou cal hidratada tipo CH-1 e devem ser isentos de grumos. A quantidade, a ser determinada no projeto de mistura, deve ser de, no mínimo, 1%.

Caso indicado no projeto da obra, será obrigatória a adição de fibras à mistura num teor variando entre 0,2% e 0,3%.

5.2. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

5.2.1. No mínimo, sete dias antes do início dos serviços de micro concreto, a empresa contratada deve apresentar o projeto de mistura a ser utilizada na obra com todos os ensaios devidos, para aprovação. Os materiais entregues para verificação do projeto devem ser representativos dos que serão efetivamente utilizados na obra.

5.2.2. A dosagem do micro concreto betuminoso a frio será realizada em um laboratório capaz de executar todos os ensaios previstos nesta especificação, o qual deve ser aprovado. Os procedimentos são os recomendados pela **ISSA - International Slurry Surfacing Association** e os requisitos a serem obedecidos são os seguintes:

Parâmetro	Unidade	Limites	
		Mínimo	Máximo
ABNT NBR 14746 – Perda por abrasão úmida – 1 hora de imersão	g/m ²	-	500
ABNT NBR 14746 – Perda por abrasão úmida – 6 dias de imersão	g/m ²	-	810
ABNT NBR 14841 – Adesão de areia	g/m ²	-	540
ABNT NBR 14757 – Adesividade	%	90	-
ISSSA-TB 139 – “Wet Cohesion” após 30 minutos	Kg-cm	12	-
ISSSA-TB 139 – “Wet Cohesion” após 60 minutos	Kg-cm	20	-

5.2.3. O teor ótimo de emulsão e resíduo deve ser calculado em porcentagem sobre a mistura seca, isto é, considerando somente agregados.

5.2.4. Um ajuste de dosagem dos componentes do micro concreto a frio deverá ser feito nas condições de campo, antes do início do serviço (teste da panelinha).

5.2.5. A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método ARTERIS-T 27.

As faixas são baseadas nas recomendadas pela ISSA e DNIT e estão detalhadas a seguir.

Peneira	mm	FAIXA I DNIT		FAIXA II DNIT		FAIXA III DNIT		FAIXA DE TRABALHO
		FAIXA II		FAIXA III		FAIXA IV		
%PASSANTE	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA		
1/2"	12,7	100	100	100	100	100	100	±5
3/8"	9,5	100	100	100	100	85	100	±5
Nº4	4,8	94	100	70	90	60	87	±5
Nº8	2,4	65	90	45	70	40	60	±5
Nº16	1,2	45	70	28	50	28	45	±5
Nº30	0,6	30	50	19	34	19	34	±5
Nº50	0,3	18	30	12	25	14	25	±4
Nº100	0,15	10	21	7	18	8	17	±3
Nº200	0,074	5	15	5	15	4	8	±2

Para aplicação em pista expressa, como camada de rolamento, deve ser usada a faixa III. Deve ser aplicada em duas camadas.

Como camada intermediária ou em acessos de baixa densidade de tráfego admite-se o uso da faixa II.

A faixa IV deve ser usada, como primeira camada, para preenchimento de depressões ou trilhas de rodas, recoberta por outra camada da faixa II ou III.

Não se admite que a curva granulométrica varie do lado superior para inferior da faixa entre 2 peneiras consecutivas.

5.3. EQUIPAMENTO

5.3.1. Equipamento de Limpeza

Para limpeza da superfície devem ser utilizadas vassouras mecânicas, jatos de ar comprimido, jatos de água, etc. A superfície da área onde se vai executar o serviço deve estar totalmente limpa, sem pó ou placas de matérias estranhas ao pavimento.

Onde constatada a existência de produtos químicos na superfície do pavimento, como resíduos de bagaço de cana, onde vai ser aplicada a camada de Micro concreto a frio, a mesma deve ser lavada

com detergente apropriado. A execução do micro só deve ser iniciada após a secagem total da superfície do pavimento.

5.3.2. Equipamento de Mistura e de Espalhamento

Devem ser mobilizados, no mínimo, 2 conjuntos de 10 m³. O micro concreto a frio deve ser executado em equipamento apropriado que apresente as características mínimas seguintes:

- Silos para agregados com capacidade de, no mínimo, 10 m³.
- Depósitos separados para água, emulsão asfáltica e aditivos.
- Depósito para cimento/cal/fibras com alimentador automático.
- Sistema de circulação e alimentação do ligante betuminoso, interligado, por acoplagem direta ou não, com o sistema de alimentação do agregado miúdo, de modo a assegurar perfeito controle de traço; O equipamento deverá ter um sistema de controle do fluxo para parar automaticamente a alimentação caso falte qualquer um dos materiais previstos.
- Sistema misturador capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa diretamente sobre a pista, em operação contínua, sem segregação. O sistema de mistura não poderá reter a massa além de 3 segundos. Não se admitirá nenhum sistema de retenção da mistura dentro do misturador. Caso tenha, deverá ser removido antes do início dos serviços. Todos os indicadores requeridos para controle da mistura devem estar em ordem e funcionando antes do início dos serviços.
- O equipamento deve ser equipado para dosar emulsão, água, agregado e aditivos por volume. Todas as partes móveis do equipamento devem estar protegidas com protetores de metal.
- O serviço não deve iniciar se não estiverem funcionando todos os sistemas de controle de fluxo e contadores de rotações e com os protetores de metal colocados. Todos os indicadores requeridos devem estar visíveis para uma pessoa que caminhe ao lado do equipamento.
- Os alimentadores de agregado devem estar conectados diretamente à bomba de emulsão. A correia alimentadora deve ser equipada com um contador de rotações com aproximação de um décimo de uma revolução.
- Caixa distribuidora - esta peça se apoia diretamente sobre o pavimento e é atrelada ao chassi. Deverá ser capaz de espalhar uma largura de faixa de tráfego, e deve ter tiras de borracha de cada lado da caixa para evitar perda lateral de material. Todas as caixas com largura acima de 2,40 m devem ter as roscas sem fim equipadas com motores reversíveis, chapas deflectoras para assegurar

uma aplicação uniforme em toda a largura, mesmo em superelevações e acostamentos. Chapas devem ser montadas de maneira a garantir um deslizamento da caixa sem causar exsudação da mistura acabada. Deve possuir 2 laminas na traseira da caixa. A primeira deve ser de aço ou uma borracha dura. A segunda, conectada à primeira, deve ser de material flexível. Estas laminas devem ser montadas de maneira a permitir o seu contato com o pavimento e de poderem ser ajustadas às diferentes seções transversais para aplicar uma camada uniforme de micro concreto. Uma lama secundária colocada atrás deste conjunto duplo deve ser ajustável. Ela deve ser projetada e ajustada de maneira a garantir uma textura uniforme da superfície acabada.

- Lona ou outro tipo de tecido pode ser usada, atrás da caixa espalhadora, com o objetivo de uniformizar a textura espalhada. Estas laminas devem estar limpas ou trocadas diariamente para evitar problemas na distribuição da massa.
- Em casos especiais, a mistura pode ser executada na pista, manualmente. Neste processo a mistura é realizada em betoneiras, derramada diretamente sobre a pista e espalhada uniformemente por operários munidos de rodos e vassourões apropriados. O processo manual é, entretanto, falho e moroso, podendo ser adotado, apenas em áreas pequenas onde o acesso da usina não é possível.

5.3.3. Rolo de pneu

Deve ser utilizado um rolo de pneus para rolagem da superfície pavimentada, antes da liberação ao tráfego, de modo a acomodar a massa e evitar arrancamento de agregados.

5.4. EXECUÇÃO

5.4.1. Preparação da superfície a ser pavimentada

Toda a superfície, antes da aplicação do micro concreto a frio, deve estar limpa, removido todo o material solto, de qualquer natureza, incluindo carcaças de animais. Pode se usar qualquer processo de limpeza. A superfície deve ser lavada com utilização de detergente adequado, esperar até que seque completamente antes da aplicação do micro concreto a frio. O fiscal de pista deverá aprovar a limpeza antes do início de execução do micro concreto a frio.

5.4.2. Aplicação do Micro concreto a frio

O micro concreto a frio deve possuir estabilidade suficiente para evitar que ocorra o rompimento da emulsão dentro da caixa de espalhamento. No caso da camada de bloqueio o rompimento deve ocorrer em torno de 3 minutos após o espalhamento.

A mistura deve ser homogênea durante e após o espalhamento, não se aceitando manchas de segregação (separação do fino e emulsão do agregado graúdo) em toda a largura espalhada.

Deve estar livre do excesso de água e emulsão para evitar o seu escorramento.

Não é permitida a adição de água diretamente na caixa de espalhamento, quando espalhando a mistura na pista.

Não se deve executar o espalhamento se estiver chovendo ou existência de nuvens indicando possibilidade de chuva.

Antes de iniciar o espalhamento, deve ser verificada a quantidade de água e aditivo necessária, usando os materiais já colocados na usina, para a consistência ótima da massa.

5.4.3. A mistura deve atender aos seguintes requisitos práticos na pista:

- Não escorrer emulsão fora da caixa de espalhamento.
- Não apresentar exsudação de finos na área pavimentada.
- Apresentar uma espessura final de, no mínimo, aquela definida no projeto da obra.
- Apresentar coesão suficiente até 2 horas após o espalhamento para permitir a liberação ao tráfego sem desprendimento de agregado.
- A superposição máxima permitida, nas juntas longitudinais é de 7,5 cm. O espalhamento deve ser planejado de maneira a evitá-la.
- Nas juntas transversais deve ser colocado um plástico ou papel de maneira a evitar superposição de camadas. A mesa deve parar na área protegida, sendo o produto aí depositado retirado e removido da pista. Na partida, a caixa deve ser colocada na área protegida com papel ou plástico, sobre o micro concreto a frio já executado de maneira a evitar a superposição de camadas.
- Costelas ou depressões, riscos com mais de 1 cm de largura e 10 cm de comprimento são considerados defeitos e não serão aceitos. Devem também ser corrigidos.
- É obrigatória a rolagem da camada de micro concreto a frio por rolos de pneus antes da abertura da mesma ao tráfego da rodovia.

- Após a rolagem e antes da liberação ao tráfego o excesso de agregados soltos deve ser varrido.
- Após 24h da liberação ao tráfego será medido o desprendimento de agregado. O limite máximo aceitável é de 100 g/m².
- Todo o sistema de controle e medição de defeitos está detalhado no MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA) - Qualidade assegurada e diretrizes para uso do micro concreto a frio.

5.4.4. Correção de Falhas

As possíveis falhas de execução tais como escassez ou excesso de massa, irregularidade na emenda de faixas, etc., deverão ser corrigidas, imediatamente, após a execução. A escassez é corrigida com adição de massa e os excessos com a retirada por meio de rodos de madeira ou de borracha. Estas correções são consideradas exceções, em pontos localizados. Se sua ocorrência for constante, o serviço deve ser paralisado até a correção do problema no equipamento.

5.4.5. Desprendimento de agregados

Será de responsabilidade do aplicador, o desprendimento de agregados, com consequente quebra de para-brisas ou danificação de veículos que trafeguem no trecho executado, devendo a contratada indenizar os usuários da rodovia.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1. A preservação do meio ambiente nos serviços de micro concreto a frio envolve a obtenção e aplicação de agregado pétreo miúdo, areia, estoque e aplicação de material betuminoso. Devem-se adotar os cuidados seguintes:

- 6.1.1. Vedada à instalação de depósitos de material betuminoso próximo a curso d'água.
- 6.1.2. Vedado também o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro causador de prejuízo ambiental.
- 6.1.3. Na desmobilização desta atividade, removidos os depósitos de ligante e efetuados a limpeza do canteiro de obras, recompõe-se a área afetada pelas atividades da construção.

7. INSPEÇÃO

7.1. CONTROLE DE MATERIAIS

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

7.1.1. Emulsão Asfáltica Modificada Por Polímero

No certificado de todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra deve constar os seguintes ensaios:

7.1.1.1. Emulsões Asfálticas Modificadas Por Polímeros

Para todo o carregamento que chegar à obra:

- 01 ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (ABNT-NBR-14950);
- 01 ensaio de resíduo (ASTM D-244 – seção 21);
- 01 ensaio de peneiramento (ABNT NBR-14393);
- 01 ensaio de sedimentação (ABNT NBR-6570);

7.1.1.2. Cimento Asfáltico Residual Modificado Por Polímero.

Para todo carregamento que chegar à obra:

- 01 ensaio de penetração a 25°C (ANBT NBR-6576);
- 01 ensaio de ponto de amolecimento (ABNT NBR- 6560);
- 01 ensaio de recuperação elástica a 25°C (ARTERIS 329);
- 01 ensaio de espuma;
- 01 ensaio de estabilidade ao armazenamento (DNIT-ME 384).

A CONTRATANTE se reserva o direito de só permitir a aplicação da emulsão após sua liberação pelo Laboratório da CONTRATANTE, com base nos resultados dos ensaios.

7.1.2. Agregados

- 01 ensaio de azul de metileno por pilha de agregado (ARTERIS T-330);
- 01 equivalente de areia por pilha de agregado (ABNT NBR-12052);
- 01 ensaio de granulometria do agregado para jornada de 8 horas de trabalho (ARTERIS T-27) com amostras coletadas de uma maneira aleatória (liberação da pilha);
- 01 ensaio de índice de forma, no início dos serviços (projeto) e sempre que se constatar, visualmente, mudanças no agregado (NBR 7809);
- 01 ensaio de adesividade, no início dos serviços (projeto) e sempre que houver variação da natureza do material (DNIT-ME 078);
- 01 ensaio de desgaste Los Angeles no início dos serviços (projeto) ou quando houver variação da natureza do material (ABNT NBR-6465);

7.2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

7.2.1. Verificação do Equipamento

Cada equipamento empregado na aplicação do micro concreto a frio deve ser calibrado, no início do serviço. Deve ser executado um segmento experimental com extensão mínima de 200 m. Caso este segmento não atenda às diretrizes contidas nesta especificação, devem ser realizados novos segmentos até que esteja conforme com as especificações.

As verificações a serem efetuadas são as seguintes:

- Consistência da mistura espalhada;
- Atendimento do projeto da mistura conforme os itens seguintes, 7.2.2 e 7.2.3;
- Quantidade e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado.
- Desprendimento de agregado dentro dos limites especificados.

Se ao final destas três verificações em segmentos experimentais, os resultados esperados não forem alcançados, deve ser revisto todo o processo de calibração do equipamento. Todo o procedimento de calibração deve ser acompanhado por um REPRESENTANTE DA CONTRATANTE, e aprovado antes do início dos serviços.

7.2.2. Controle de Quantidade do Ligante Betuminoso

A quantidade de ligante betuminoso deverá ser determinada através da retirada de amostras aleatórias em cada segmento de aplicação, fazendo-se a extração de betume com o aparelho **Soxhlet**

(aparelho para 2 kg de amostra). A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$ da fixada no projeto.

7.2.3. Controle da Granulometria da Mistura de Agregados

O controle de granulometria da mistura de agregados deve ser feito através da análise granulométrica da mistura de agregados provenientes do ensaio de extração ARTERIS T-30. As tolerâncias são as definidas no projeto. *A granulometria deve ser feita por via úmida, isto é, lavada.*

7.2.4. Frequência das determinações

O número de determinações utilizadas para controle nos ensaios de quantidade do ligante betuminoso e granulometria do micro concreto a frio deve ser, no mínimo, 1 conjunto de ensaios a cada 4 horas. Caso haja dúvidas quanto à qualidade da massa este número deve ser aumentado.

7.2.5. Controle da espessura final acabada

A espessura final acabada será calculada pelo seguinte processo: escolhidos aleatoriamente 30 pontos na superfície executada, com extensão mínima de 500 m e máxima de 1000, se procederá à cravação de um prego 17x21, sem ponta, de comprimento determinado, nas trilhas de roda após a liberação ao tráfego por, no mínimo, 2 dias. Determinada por diferença a espessura do micro em cada ponto, se calculará a espessura média do segmento analisado. A média encontrada deverá ser igual ou maior que a espessura especificada no projeto. Caso a média seja inferior à de projeto uma nova camada deverá ser espalhada no segmento.

7.2.6. Controle do desprendimento de agregado

Após 24h da liberação ao tráfego será medido o desprendimento de agregado. O limite máximo aceitável é de 100 g/m².

7.3. VERIFICAÇÃO FINAL DA QUALIDADE

7.3.1. Acabamento da Superfície

A superfície acabada é verificada visualmente e deve se apresentar uniforme (sem segregações grossas ou finas) e desempenada (sem “costelas”). A avaliação deve ser feita de acordo com o

previsto no MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA) Qualidade assegurada e diretrizes para uso do micro concreto a frio, que faz parte desta especificação.

7.3.2. Alinhamentos

A verificação dos alinhamentos do eixo e bordos nas diversas seções correspondentes às estacas da locação é feita a trena. Os desvios verificados não deverão exceder $\pm 5\text{cm}$.

7.3.3. Condições de Segurança

Para verificação da macrotextura do revestimento deve ser feito o ensaio de mancha de areia. A espessura de areia no ensaio de mancha de areia deve estar entre 0,6 e 1,2 mm de altura.

No ensaio de atrito com o grip-tester o valor da resistência medida deve ser sempre superior a 0,30. Os segmentos com valores abaixo do limite fixado nesta especificação devem ser corrigidos imediatamente.

Outros equipamentos de medição de atrito podem ser usados, desde que previamente aceitos pela CONTRATANTE, e seus parâmetros de controle definidos previamente.

7.3.4. Condições de Conforto

Na medição de irregularidade (QI) deve ser usado o sistema a laser, não sendo aceitos equipamentos do tipo resposta. Os valores encontrados após a execução do micro nunca poderão ser superiores aos medidos antes de sua aplicação. Caso os valores medidos ultrapassem os limites recomendados ($\text{QI}>25$) a camada executada deve ser corrigida.

7.4. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- 7.4.1. Os ensaios de materiais indicados em 7.1 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.
- 7.4.2. Para o controle da quantidade de ligante betuminoso e granulometria da mistura do micro concreto em que são especificadas faixas de valores máximos e mínimos, deverá ser verificada a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto e } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

7.4.3. Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7.4.4. Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios mensais de acompanhamento da obra, feitos pelo contratado.

8. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

- 8.1. O micro concreto a frio será medido na pista através da área executada, em metros quadrados, incluindo todas as operações e encargos para a execução destes serviços, inclusive o fornecimento, armazenamento e transporte do ligante betuminoso bem como a produção e o transporte de agregados.
- 8.2. Caso a espessura especificada não seja atendida, a empresa contratada deve espalhar uma nova camada de maneira a consegui-lo.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	ESTUDO DA DOSAGEM DO MICRO A FRIA	7 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-022	ISSA-A 105
AGREGADOS	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 40%	ABNT NBR-6465
	DURABILIDADE	Na dosagem ou material mudar	<12%	ARTERIS T-104
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	Na relação 1: n, "n" < 4, máximo 10% com "n" > 5 e mínimo 20% com "n" < 3	ABNT NBR 7809
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	Na dosagem ou material mudar	Satisfatório	DNIT-ME 078
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 ensaio por pilha do depósito	≥ 65%	ABNT NBR-12052
	AZUL DE METILENO	1 ensaio por pilha do depósito	< 4 mg/g	ARTERIS T-330
	GRANULOMETRIA AGREGADOS	1 ensaio por dia (8 horas)	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
EMULSÃO COM ASFALTO	ENSAIOS NA EMULSÃO (EM TODO CARREGAMENTO)	Viscosidade Saybolt-Furol	15 a 90 segundos	ABNT-NBR-14950
		Resíduo	> 62%	ASTM D-244 - seção 21
		Peneiramento	< 0,30%	ABNT NBR-14393
		Sedimentação	< 5%	ABNT NBR-6570
		Estabilidade ao armazenamento	< 1%	DNIT-ME 384
	ENSAIOS NO CAP RESIDUAL (EM TODO CARREGAMENTO)	Ponto de amolecimento	> 60 °C	ABNT NBR-6560
		Penetração a 25°C	35 a 90	ANBT NBR-6576
		Recuperação elástica	> 45 %	ARTERIS 329
		Não deve expelir nenhum material remanescente do emulsificante (cor marrom).		
USINA	VERIFICAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	Consistência da mistura espalhada;		
		Atendimento do projeto da mistura		
		Quantidade e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado		
		Desprendimento de agregado dentro dos limites especificados		
PISTA	PORCENTAGEM DE CAP	2 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto ± 0,3 %	ARTERIS T-164 com aparelho SOXHLET
	GRANULOMETRIA DA MASSA	2 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS T-30
	ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE	Em todo segmento executado	Atender	MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA)
	DESPRENDIMENTO DE AGREGADOS	Em todo segmento executado (APÓS 24 h DE TRÁFEGO)	< 100g/m²	VARRER E PESAR 1 METRO LINEAR DE PISTA E DIVIDIR PELA LARGURA DA FAIXA
	MACRO TEXTURA	Em todo segmento executado	HS de 0,6 a 1,2 cm	ASTM - 965
	GRIP TESTER	Em todo segmento executado	> 0,30	
	IRREGULARIDADE (QI)	Em todo segmento executado	QI < 35	Laser ou Merlin
TOPO	ALINHAMENTO DO EIXO e BORDOS	Em todo segmento executado	± 5cm	MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA)

ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
ESPESSURA	CRAVAÇÃO DE PREGO 17x21 APÓS 2 DIAS DE TRÁFEGO	± 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 500 a 1000 m por faixa. Em pontos isolados ± 10%	SEM PONTA e COMPRIMENTO CONHECIDO

Especificação Particular

ARTERIS ES 007 – SUB-BASE OU BASE DE SOLO-BRITA-CIMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de solo brita cimento em obras rodoviárias das empresas do grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - - AASHTO T-27.
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791.
- DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. ET-P00/048. Solo Cimento.
- DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. ET-P00/039. Brita graduada.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER ES-305/97. Pavimentação- base de solo cimento.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP. Manual de Normas – Pavimentação. Seção 3.03. Sub-bases e bases de solo-cimento.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – Determinação do limite de liquidez.
- NBR 7225. Materiais de pedra e agregados naturais.
- NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER EM 036 - Cimento Portland – recebimento e aceitação.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732. Cimento Portland comum.
- NBR 5735. Cimento Portland de alto-forno.
- NBR 5736. Cimento Portland pozolânico.

- NBR NM 137. Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland.
- NBR 7180. Solo - Determinação do limite de plasticidade.
- NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica.
- NBR 11579. Cimento Portland. Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200).
- NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.
- NBR 7222. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.
- NBR NM 8 Concreto – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.
- DNIT-ME 164 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.
- DNER PRO 273. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD”.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Solo Brita Cimento:

Solo brita cimento é o produto resultante da mistura, em usina, de solo, pedra britada, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos, em proporções determinadas experimentalmente. Após envolvimento dos materiais, compactação e cura, a mistura adquire propriedades físicas específicas para atuar como camada de base ou sub-base de pavimentos.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1. Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

- 4.2. A camada de sub-base e base solo brita cimento só pode ser executada quando a camada subjacente estiver liberada, quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.
- 4.3. A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade para execução da camada de sub-base ou base.
- 4.4. Durante todo o tempo de execução da camada, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

5. MATERIAIS

5.1. SOLO

Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas, devendo apresentar as seguintes características:

- a) os finos dos solos, isto é, com diâmetro inferior a 0,42 mm devem satisfazer as seguintes condições:
 - ter limite de liquidez inferior a 40%, determinado conforme NBR 6459;
 - ter índice de plasticidade inferior a 18%.
- b) a granulometria do material deve atender os requisitos da tabela 1;
- c) não deve conter matéria orgânica e outras impurezas nocivas.

Peneira de Malha Quadrada		% Passante em Massa	Tolerâncias
ASTM	(mm)		
2"	50,8	100	
Nº 4	4,8	50-100	± 5%
Nº 40	0,42	15-100	± 2%
Nº 200	0,075	5-35	± 2%

5.2. AGREGADO

A brita deve ser obtida de agregado pétreo britado, classificada de acordo com NBR 7225, pode ser constituída de pedra 1, pedra 2, pedrisco ou composição destas. Deve possuir as seguintes características:

- a) os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais. Suas partículas individuais devem ser resistentes e apresentar as características seguintes:
 - Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (ABNT-NBR 6465);
 - Índice de forma deverá ser igual ou inferior a 20% (ARTERIS D-4791)
 - Equivalente de areia da mistura igual ou superior a 30% (ABNT-NBR 12052).

5.3. CIMENTO

O cimento empregado deve atender a especificação de material DNER EM 036, para recebimento e aceitação do material. Podem ser empregados:

- a) cimento Portland comum - NBR 5732;
- b) cimento Portland de alto-forno - NBR 5735;
- c) cimento Portland pozolânico - NBR 5736.

5.3.1. TEOR DE CIMENTO

Define-se teor de cimento em massa como sendo a relação entre a massa de cimento e a massa total da mistura, multiplicado por 100. O teor mínimo de cimento deve ser de 3% em relação à massa total da mistura para sub-bases e 5% em relação à massa total da mistura para bases.

5.3.2. PORCENTAGEM DE BRITA

Define-se porcentagem de brita em massa como sendo a relação entre a massa de brita e a massa total da mistura, multiplicado por 100. A porcentagem mínima de brita na mistura deve ser 60% em relação à massa total da mistura.

5.3.3. PORCENTAGEM DE SOLO

Define-se porcentagem de solo em massa como sendo a relação entre a massa de solo e a massa total da mistura, multiplicado por 100. A porcentagem máxima de solo permitida deve ser de 40% em relação à massa total da mistura.

5.4. MISTURA

A porcentagem mínima de cimento Portland a ser incorporada à mistura será de 5,0% em peso para as camadas de base e 3,0% em peso para as camadas de sub-base, tendo necessariamente que a mistura deve atender aos seguintes requisitos:

Resistência à Compressão Simples (ABNT NBR 5739) - MÍNIMO		Resistência à Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222) - MÍNIMO
7 dias	28 dias	28 dias
4,2 Mpa	7,0 MPa	1,0 Mpa

6. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris. Os equipamentos básicos para a execução da camada de solo-brita-cimento compreendem as seguintes unidades:

- a) caminhões para transporte dos materiais com caçamba basculante.
- b) pá-carregadeira.
- c) motoniveladora.
- d) distribuidor de agregados auto propelido.
- e) caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme.
- f) compactador vibratório portátil ou sapo mecânico, uso eventual.
- g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento.
- h) rolo de pneus de pressão variável.
- i) rolo vibratório liso, ou corrugado (pata curta).
- j) vassouras mecânicas ou manuais, uso eventual.
- k) compressores de ar, rompedores.
- l) usina de misturas de solos.

As centrais de usina devem ser constituídas de:

- silos: solo, agregados e cimento, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura.
- correia transportadora: que transportem os solos, agregados e o cimento, na proporção conveniente, até o equipamento misturador.
- misturador: constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos dotados de pás tipo pugmill que rodam em sentido contrário, provida de chapa metálica em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, jogam os materiais contra as paredes, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento.
- reservatórios de água e canalizações que permitam aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade ótimo previsto, conforme metodologia de dosagem de mistura.
- equipamento de carga de caminhões constituído de um silo, abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura. Este dispositivo é utilizado quando não é possível deixar o misturador na altura adequada, para que o carregamento se faça por gravidade.

7. EXECUÇÃO

7.1. PRODUÇÃO DA MISTURA E TRANSPORTE

A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para as misturas dos materiais.

Os materiais que integram a mistura devem ser acumulados nos silos da usina, devendo ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

A mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, de forma a fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subsequentes.

O material deve ser transportado em caminhões basculantes, protegidos com lonas para que o material não perca umidade e nem receba água de chuva.

O tempo decorrido entre a adição de cimento e água no misturador e o início do espalhamento não deve ser superior à 1 hora, a menos que, a critério da fiscalização, e devidamente comprovado por ensaios, constate-se a possibilidade de aumentar este tempo.

Em qualquer hipótese o limite de tempo entre a produção e o final da compactação está fixado em 3 horas.

Não é permitida a estocagem do material usinado para posterior utilização.

7.2. ESPALHAMENTO

A mistura de solo brita cimento deve ser adequadamente espalhada na pista, de forma que a espessura solta seja suficiente para que se obtenha a espessura da camada acabada desejada, nunca inferior a 12 cm e no máximo 30 cm quando comprovada da adequado espalhamento, compactação e acabamento da mesma.

A operação de espalhamento deve ser feita com o distribuidor de agregados, capaz de distribuir a mistura solo brita cimento em espessura uniforme sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

7.3. COMPACTAÇÃO

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferenciadas de execução, na sequência operacional de utilização dos equipamentos de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado em projeto, além do respectivo tempo demandado para finalização das operações.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação do material ou do equipamento empregado.

Nos trechos em tangente, a compactação deve ser executada das bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar

entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da camada em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, eixo. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for recomendável, tais como cabeceira de obras de arte, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios mecânicos.

O teor de umidade do solo brita cimento, imediatamente antes da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -1% a +2%, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação, conforme NBR 7182, na energia intermediária.

A compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtido no ensaio de compactação, conforme NBR 7182, na energia intermediária. O intervalo de tempo máximo permitido entre o início e o término das operações de compactação é de 3 horas.

7.4. ACABAMENTO

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora, somente em operação de corte, e de rolos de pneus ou do tipo liso. É vedada a correção de depressões por adição de material.

7.5. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção dos serviços, deve ser executada uma junta transversal de construção, mediante corte vertical da camada, podendo ser utilizado rompedores, ferramentas manuais ou lâmina da motoniveladora.

As juntas transversais de construção não devem coincidir entre dois panos de serviços adjacentes. A face da junta deve ser umedecida antes da colocação da camada subsequente.

As juntas transversais não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

Nas juntas geradas nos pontos de início e fim da execução da camada, a compactação deve ser executada transversalmente ao eixo da pista.

7.6. CURA

A superfície da camada de solo-brita-cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de uma pintura de cura com emulsão asfáltica tipo RR-2C. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

Quando isto não for possível, a camada deve ser mantida úmida contra perda rápida de umidade, por período mínimo de 7 dias.

7.7. ABERTURA AO TRÁFEGO

A sub-base ou base de solo brita cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização pode, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente na ocasião resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

8.1. Materiais

8.1.1. Cimento Portland

O fornecedor de cimento deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.3.

8.1.2. Aditivos

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.3.

8.1.3. Água

Deverá ser potável

8.1.4. Agregados

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT NBR 6465) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de índice de forma (ARTERIS D-4791) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT NBR 12052) por semana.

8.1.5. Mistura fresca

- Um ensaio de análise granulométrica (ARTERIS ME-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.
- Um ensaio de compactação (DNIT ME-129), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

8.1.6. Mistura Endurecida

- Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade (ABNT NBR 5739) por dia.
- Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (ABNT NM-8) por dia.

Para os ensaios de resistência a compressão simples e de tração por compressão diametral devem ser extraídos corpos de prova de pista ao 7º dia.

Obs: os corpos de prova devem apresentar espessura \geq a de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação.

- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de pista, e após no mínimo 14 dias de idade da camada. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

9. ACEITAÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$ rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo de projeto ou $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo de projeto \Rightarrow aceita-se o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

	ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM MISTURA / SOLO	DOSAGEM DO SOLO	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	-	DNIT ME-164
	GRANULOMETRIA DOS MATERIAIS	Na dosagem ou material mudar	Brita > 60% Solo > 40%	ABNT NBR 7181
	LIMITES DE ATTERBERG	Na dosagem ou material mudar	LL < 40% e IP < 18%	ABNT NBR 7180 ABNT NBR 6459
	CBR	Na dosagem ou material mudar	≥ +2% do CBR projeto	DNIT ME-049
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	≤ 2%	DNIT ME-049
	MÓDULO DE RESILIÊNCIA	Na dosagem ou material mudar	≥ 150 MPa	ARTERIS ME 037
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
AGRAGADOS	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 55 %	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	≤ 20%	ARTERIS D-4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 Na dosagem ou material mudar	≥ 30%	ABNT NBR-12052
PISTA	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
	UMIDADE DA MISTURA	Imediatamente antes da compactação	-2 a +1% da H. ót.	DNIT ME-092
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	A cada 100 metros de pista	$\bar{X} + s \leq D_{proj.}$	DNIT ME-024
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	A cada 100 metros de pista	≥ 100% (Energia especificada)	DNIT ME-092

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	A cada 100 metros de pista	\bar{X} - ks > 95% da espessura de projeto	Linha e trena / topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 008 – BRITA GRADUADA SIMPLES

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de base de Brita Graduada Simples. São divididas em dois tipos a saber:

- Tipo 1 – base estabilizada granulometricamente
- Tipo 2 – base drenante.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

Nota: Para materiais naturais (não usinados), aplica-se Especificação Particular para Execução de Camada Estabilizada Granulometricamente – CEG Designação ARTERIS ES 007.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791.
- ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “*in situ*”, com emprego do frasco de areia.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Brita Graduada Simples:

Consiste na associação de agregado mineral e água, em proporções determinadas experimentalmente, preparadas em usinas apropriadas, que cumpre certos requisitos de qualidade, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea e compactada.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. A brita graduada simples pode ser empregada como camada de Sub-Base ou Base de pavimentos.
- 4.2. A brita graduada simples pode ser empregada como camada estabilizada granulometricamente ou camada drenante.
- 4.3. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da brita graduada simples são: agregado graúdo, agregado miúdo, e água e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

5.1.1. Água

Deve ser utilizada água limpa, livre de qualquer impureza.

5.1.2. Agregados

Os agregados utilizados, devem ser obtidos a partir da rocha sã, constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis. Suas partículas individuais devem ser resistentes e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (ABNT-NBR 6465);

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

- Equivalente de areia da mistura igual ou superior a 30% (ABNT-NBR 12052).
- Índice de forma igual ou inferior a 20%, considerando a razão 1:3 (ARTERIS D-4791)

5.2. COMPOSIÇÃO DA MISTURA e DOSAGEM

5.2.1. A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método AASHTO T-27.

Malha peneira ASTM		ARTERIS ES-008				Tolerâncias
Peneiras	mm	A	B	C	Drenante	da faixa de projeto
% Passante						
2"	50	100	100	100	100	- 2
1 ½"	37,5	90-100	95-100	90-100	100	± 5
1"	25	-	-	-	90-100	± 7
3/4"	19	50-68	70-92	-	75-95	± 8
3/8"	9,5	30-46	50-70	-	45-65	± 8
N° 4	4,75	20-34	35-55	30-60	30-45	± 8
N° 10	2	-	-	-	18-33	± 8
N° 30	0,6	-	12-25	-	-	± 5
N° 40	0,42	4-12	-	-	7-17	± 3
Nº 80	0,18	-	-	-	1-11	± 3
Nº 200	0,075	1-4	0-8	0-12	0-8	± 3

NOTA – A fração da mistura final que passa na peneira de 75 µm (nº 200) não deve exceder 60% da fração que passa na peneira de 600 µm (nº 30). A fração que passa na peneira de 425 µm (nº 40) deve ter um limite de liquidez não superior a 25 e deve ter um índice de plasticidade não superior a 4.

No caso de utilização como base drenante de acostamentos, onde na pista foi aplicada Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC (ARTERIS ES 009), deverá ser utilizada a FAIXA DRENANTE.

A BGS faixa “C” só poderá ser utilizada em camadas de Sub-base.

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para a curva granulométrica obtida, em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

A mistura deve apresentar Índice de Suporte Califórnia maior ou igual a 80%, quando ensaiada pelo método DNIT-ME 049 (56 golpes). Este ensaio fornece também o teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura

A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços

6. EQUIPAMENTO

- 6.1. Usina de solos do tipo contínua deve ter dispositivos para dosagem dos agregados individuais e água, e dispositivo para mistura e homogeneização.
- 6.2. Caminhões basculantes para transporte da mistura.
- 6.3. Acabadora ou Trimmer.
- 6.4. Motoniveladora.
- 6.5. Rolo compressor pneumático e tandem liso (vibratório ou estático).
- 6.6. Caminhão irrigador para distribuição de água.

7. EXECUÇÃO

7.1. Mistura

Os agregados deverão ser estocados convenientemente, de modo que cada um deverá ocupar um silo da usina. Os agregados deverão apresentar homogeneidade granulométrica.

A brita graduada simples deve ser preparada em usina descrita em 6.1.

Os agregados serão combinados de maneira a enquadrar a mistura final nos limites estabelecidos no projeto de mistura (faixa de trabalho).

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada.

Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

7.2. Transporte

A brita graduada simples a ser transportada, deve ser protegida por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte até o local de espalhamento.

7.3. Espalhamento

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento será executada por acabadora descrita em 6.3, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem segregação, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A conformação suplementar, se necessária, deve ser feita com motoniveladora, tomando-se os cuidados necessários para evitar segregação de finos/grauados.

A operação de espalhamento com motoniveladora é permitida em serviços com volumes inferiores a 50m³.

A largura de cada “pano” não deve permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas do pavimento.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

7.4. Compactação

Após terminada a operação de espalhamento, a brita graduada simples deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de no máximo +1 ou no mínimo -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 5.2.1.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão, no mínimo, 30 cm da largura da faixa anteriormente compactada.

7.5. Liberação do Topografia

Após o término da compactação a topografia deve liberar a camada de acordo com as cotas determinada em projeto.

7.6. Liberação do Laboratório

Após a liberação da topografia, o laboratório deve realizar o controle tecnológico da camada.

7.7. Imprimação da Camada

Após a liberação do laboratório, deve ser executada imediatamente a imprimação da camada com CM-30 ou Emulsão Asfáltica de Imprimação (EAI), na taxa de 0,6 a 1,2 l/m², ficando terminantemente proibido o tráfego de veículos e maquinários sobre a camada imprimada. Para segmentos noturnos, deverá ser comprovada à eficácia em pista referente a sua penetração e cura.

Os serviços descritos no item 7, deverão ser executados no mesmo dia.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.2.1.

A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2.

Devem ser coletadas amostras do material em pista conforme ARTERIS ET-005, limitando a 5 coletas por frente de serviço.

8.1. Materiais

8.1.1. Agregados

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT-NBR 6465) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada simples.
- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT-NBR 12052) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada simples.

8.1.2. Mistura

- Um ensaio de análise granulométrica (AASHTO T-27) a cada 4 horas de produção da usina.
- Um ensaio de Índice Suporte Califórnia (DNER ME-049 – 56 golpes), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura, ou uma vez por semana.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER ME-092) a cada 100m de faixa, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo. Este ensaio também servirá para medir a espessura da camada executada.
- Para trechos de imprimação de extensão limitada realizar uma determinação a cada 200 m de pista executada, para seguimentos com extensão superior a 1000 m realizar no mínimo 5 determinações de T, para controle.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER ME-024) ou pelo FWD a cada 20m de faixa. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento. O lote, para o controle estatístico, a ser adotado pode ser por tempo ou extensão. Por exemplo, uma semana de trabalho ou 1 km de pista.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras												k = coeficiente multiplicador						

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGE	DOSAGEM DA MISTURA DE BGS	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-008	PROJETO: - CBR > 80% na Energia Modificada - DNIT ME-049
AGREGADOS	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 55 %	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Considerar proporção 1:3. Sempre realizar na dosagem ou quando o material mudar.	≤ 20%	ARTERIS D-4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 Na dosagem ou material mudar	≥ 30%	ABNT NBR-12052
USINA / PISTA	GRANULOMETRIA DA MISTURA	a cada 4 horas	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	UMIDADE HIGROSCÓPICA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	Para correção da H_{ot}	"método expedito da frigideira"
	ÍNDICE DE SUPORTE (CBR)	Na dosagem ou material mudar	>80% na Energia Modificada Fornece também Dens. Max Seca e H_{ot} .	DNIT ME-049
	TEOR DE UMIDADE DA MISTURA	a cada 4 horas	H_{ot} de Projeto ± 1,0 %	DNIT ME-092
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de faixa	> 100% Energia Modificada (56 golpes)	DNIT ME-092
USINA / PISTA	TAXA DE IMPRIMAÇÃO	A cada 4.000 m ² , mínimo de 5 determinações	0,6 a 1,2 l/m ²	ARTERIS - 019
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 20 metros de faixa	Projeto	DNIT ME-024
PISTA	ESPESSURA	a cada 100 metros de faixa	> 95% do Projeto	DNIT ME-092

Especificação Particular

ARTERIS ES 009 – BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de base de brita graduada tratada com cimento. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT - NBR 5732 - Cimento Portland Comum – Especificação.
- ABNT - NBR 11581 – Cimento Portland – Determinação do tempo de pega
- ARTERIS ME-27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- ARTERIS ME-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104.
- DNIT-ME 129 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- ARTERIS ME-002 - Método de ensaio para brita graduada tratada com cimento - Percentagem de cimento por titulação química
- ABNT-NBR 5738 - Concreto – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos.
- ABNT-NBR 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- ABNT-NM 8 – Concreto – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.
- DNIT-ES 307 – Pavimentação - pintura de ligação

- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga "Benkelman.

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Brita Graduada Tratada com Cimento:

Consiste na associação de agregado mineral, cimento Portland, aditivos e água, em proporções determinadas experimentalmente, que cumpre certos requisitos de qualidade, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea, compactada e rígida.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. A brita graduada tratada com cimento pode ser empregada como camada de sub-base ou base de pavimentos.
- 4.2. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.3. O tempo máximo entre a mistura na usina e o término da compactação na pista é de 3 horas, devendo ser aferido pelo ensaio de início e fim de pega do cimento ABNT – NBR 11581.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da brita graduada tratada com cimento são: agregado graúdo, agregado miúdo, cimento, aditivos e água e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

- 5.1.1. Cimento Portland deverá atender a uma das seguintes normas:

- ABNT – NBR 5732 Cimento Portland comum;
- ABNT – NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial;
- ABNT – NBR 5735 Cimento Portland de alto forno;
- ABNT – NBR 5736 Cimento Portland pozolânico.

5.1.2. Aditivos

Podem ser empregados, a critério da contratada, aditivos para retardar a pega do cimento Portland, que atendam a norma:

- ABNT NBR 11768 - Aditivos para concreto de cimento Portland.

5.1.3. Água

Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento Portland.

5.1.4. Agregados

Será constituído de pedra britada, areia, pó-de-pedra ou mistura desses. Suas partículas individuais devem ser resistentes, livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (NBR-6465);
- Durabilidade, perda inferior a 12% no sulfato de sódio (ARTERIS ME-104);
- Equivalente de areia igual ou superior a 35% (NBR-12052).

5.2. COMPOSIÇÃO DA MISTURA e DOSAGEM

5.2.1. A composição granulométrica da mistura de agregados antes da adição do cimento Portland deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método ARTERIS ME-27.

Peneira % PASSANTE	mm 25	FAIXA BGTC ARTERIS MÍNIMA	FAIXA DE TRABALHO
1"	100	100	± 7

3/4"	19	90	100	± 7
3/8"	9,5	55	80	± 7
Nº 4	4,75	35	55	± 5
Nº 10	2,00	20	45	± 5
Nº 40	0,42	10	30	± 5
Nº 200	0,075	2	9	± 2

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para a curva granulométrica obtida, em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

5.2.2. A porcentagem de cimento Portland a ser incorporada à mistura deverá ser o suficiente para atendimento aos requisitos da tabela a seguir, bem como ao módulo de resiliência previsto em projeto.

Resistência à Compressão Simples (ABNT NBR 5739) - MÍNIMO		Resistência à Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222) - MÍNIMO
7 dias	28 dias	28 dias
4,2 Mpa	7,0 MPa	1,0 Mpa

5.2.3. O teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura (com o cimento incorporado) na energia intermediária de compactação, devem ser definidos através do ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 129.

5.2.4. A confecção dos corpos de prova (15 x 30 cm) para os ensaios de Resistência a Compressão Simples - NBR-5769 e Resistência a Tração por Compressão Diametral ABNT NM- 8 (NBR 7222) (2 para cada ensaio), no teor ótimo de umidade, deve ser da seguinte maneira:

- Moldagem do corpo de prova em 5 camadas, e em cada uma delas aplicar 66 golpes com o soquete de 4,536 kg de peso e altura de queda de 45,72 cm, do método de ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 129. Energia intermediária de compactação ($E=13 \text{ kg. cm} / \text{cm}^3$). Os corpos de prova serão curados conforme descrito no método de ensaio moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos (ABNT NBR 5738).

- Se o diâmetro máximo do agregado for menor que 20mm, os corpos de prova poderão ser confeccionados no molde de 10 x 20 cm, nesse caso a moldagem será em 3 camadas, e cada uma recebendo 33 golpes, com o soquete acima indicado.

A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.

6. EQUIPAMENTO

- 6.1. Usina de solos do tipo contínua ou descontínua, deve ter dispositivos para dosagem dos agregados individuais, cimento Portland, aditivos e água, e dispositivo para mistura e homogeneização.
- 6.2. Caminhões basculantes para transporte da brita graduada tratada com cimento.
- 6.3. Distribuidor de agregados automotrices e dotado de dispositivo de vibração e acabamento.
- 6.4. Rolo compressor corrugado vibratório, pneumático e tandem liso (vibratório ou estático).
- 6.5. Motoniveladora ou martelete para corte de juntas.
- 6.6. Caminhão distribuidor de ligante asfáltico.
- 6.7. Caminhão irrigador para distribuição de água.

7. EXECUÇÃO

7.1. Mistura

Os agregados deverão ser estocados convenientemente, de modo que cada um deverá ocupar um silo da usina, não sendo permitida uma mistura prévia dos materiais. Os agregados deverão apresentar homogeneidade granulométrica.

A brita graduada tratada com cimento deverá ser preparada em usina descrita em 6.1.

Os agregados serão combinados de maneira a enquadrar a mistura final nos limites estabelecidos no projeto de mistura (faixa de trabalho).

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada.

Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

7.2. Transporte

A brita graduada tratada com cimento a ser transportada, deverá ser protegida por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte ao local de espalhamento.

7.3. Espalhamento

Antes de se iniciar a execução propriamente dita, devem ser efetuados a locação e o nivelamento da camada subjacente.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento será executada por distribuidor de agregados descrito em 6.3 em camada única, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A largura de cada “pano” não deverá permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento.

O espalhamento não poderá ser realizado sob chuva.

7.4. Compactação

Imediatamente depois de terminada a operação de espalhamento, deverá ser iniciado o processo de compactação com o rolo corrugado vibratório. O teor de umidade no momento da compactação deverá ser de no máximo +1 ou no mínimo -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 5.2.3.

O tempo decorrido entre a mistura e o término da compactação, deverá ser de acordo com o descrito em 4.3.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão pelo menos 25% da largura da faixa anteriormente compactada.

7.5. Liberação Geométrica

Após o término da compactação da camada, deve ser verificada se a espessura final obtida está de acordo com as cotas determinada em projeto. As verificações devem ser realizadas com espaçamento máximo de 20 metros.

7.6. Liberação do Laboratório

Após a liberação geométrica, o laboratório deve realizar o controle tecnológico da camada.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deverá ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.2.3.

7.7. Imprimação da Camada

Após a liberação do laboratório, deve ser executada imediatamente a imprimação da camada com RR1C ou RR2C ou Emulsão Asfáltica de Imprimação (EAI), na taxa de resíduo de 0,3 a 0,4 l/m², ficando terminantemente proibido o tráfego de veículos e maquinários sobre a camada imprimada.

7.8. Juntas de construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, será executada uma junta transversal de construção em local já compactado com face vertical. As juntas transversais de construção não deverão coincidir entre dois panos de serviço adjacentes.

Caso sejam necessárias, as juntas longitudinais serão construídas entalhando-se verticalmente a borda da camada. A face da junta será umedecida antes da colocação da camada adjacente.

Tanto as juntas transversais como as longitudinais, não deverão coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

7.9. Liberação para colocação da camada sobrejacente

Deverá ser interditado o tráfego ou a presença de qualquer equipamento até que a camada tenha resistência compatível com sua solicitação de carga, o que poderá ser verificado com o rompimento de corpos de prova extraídos de pista. Não será permitido, entretanto, qualquer trânsito de veículos antes de 7 dias.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

8.1. Materiais

8.1.1. Cimento Portland

O fornecedor de cimento deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.1.1.

8.1.2. Aditivos

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.1.2.

8.1.3. Água

Deverá ser potável

8.1.4. Agregados

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT NBR 6465) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de durabilidade ao sulfato de sódio (ARTERIS ME-104) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT NBR 12052) por semana.

8.2. Mistura fresca

- Um ensaio de análise granulométrica (ARTERIS ME-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.
- Um ensaio de compactação (DNIT ME-129), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura.
- Uma determinação do teor de cimento por titulação química método (ARTERIS ME-002) a cada 4 horas de produção da usina.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) a cada 100m de faixa, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

8.3. Mistura Endurecida

- Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade (ABNT NBR 5739) por dia.
- Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (ABNT NM-8) por dia.

Para os ensaios de resistência à compressão simples e de tração por compressão diametral devem ser extraídos corpos de prova de pista ao 7º dia.

Obs: os corpos de prova devem apresentar espessura \geq a de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação.

- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de faixa, e após no mínimo 7 dias de idade da camada. A deflexão característica máxima admissível será fixada no projeto.

9. CONTROLE GEOMÉTRICO

Após a execução da camada, proceder-se-á a relocação da plataforma e ao nivelamento do eixo e dos bordos. Proceder à determinação de pelo menos 5 valores individuais, obtidos por relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 em 20 m alternadamente, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.

Como alternativa, as medidas de espessuras poderão ser realizadas por ocasião da execução do ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) descrito em 8.2.

Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nas medições da pista.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento.

10. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como das características geométricas indicadas em 9 (Controle Geométrico), deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - Média da amostra.

s - Desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações conforme tabela.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras												k = coeficiente multiplicador						

Os serviços não aprovados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

11. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM	DOSAGEM DA MISTURA DE BGTC	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-009	PROJETO: 28 DIAS - COMPRESSÃO = 7,0 MPa - TRAÇÃO = 1,0 Mpa
AGREGADOS	DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 12%	ARTERIS ME-104
	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 40 %	ABNT NBR-6465
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 ensaio por semana	≥ 35%	ABNT NBR-12052
ADITIVOS	CIMENTO PORTLAND	Em toda entrega do produto	<u>atender</u>	ABNT – NBR 5732 ou NBR 5733 ou NBR 5735 ou NBR 5736
	ADITIVOS	Em toda entrega do produto	<u>atender</u>	NBR 11768
USINA	GRANULOMETRIA DA MISTURA	a cada 4 horas	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	UMIDADE HIGROSCÓPICA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	Para correção da H ót.	"método expedito da frigideira"
	COMPACTAÇÃO	Na dosagem ou material mudar	Dens. Máx. Seca e H ót.	DNIT ME-129
	TEOR DE CIMENTO POR TITULAÇÃO	a cada 4 horas	Projeto	ARTERIS ME-002
	TEOR DE CIMENTO POR MEDIDA DA CORREIA	1 ensaio por dia	Projeto	Medir 1 metro de correia e calcular % de cimento
	TEOR DE UMIDADE DA MISTURA	a cada 4 horas	H ót de Projeto ± 0,2 %	DNIT ME-092

	MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA	Mínimo 4 por dia (2 para compressão e 2 para tração)	CP's 15x30 = 66 golpes 5 camadas - soquete 4,536 kg / altura de queda de 45,72 cm CP's 10x20 = 33 golpes 3 camadas - soquete 4,536 kg / altura de queda de 45,72 cm	Curar os CP's conforme ABNT NBR 5738
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
PISTA	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
	UMIDADE DA MISTURA	Imediatamente antes da compactação	-2 a +1% da H. ót.	DNIT ME-092
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de faixa	> 100% Energia Intermediária	DNIT ME-092
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 20 metros de faixa (Após 7 dias da execução)	Projeto	DNIT ME-024
	ESPESSURA	a cada 20 metros de faixa	> 95% do Projeto	DNIT ME-092

Especificação Particular

ARTERIS ES 010 – MANTAS GEOTÊXTEIS EM DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

1. RESUMO

Definir os critérios que orienta a execução, aceitação e medição da aplicação de mantas Geotêxteis não tecido em Dispositivo de Drenagem nas obras rodoviárias sobe a jurisdição do grupo de concessões Arteris.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12824. Geotêxteis - determinação da resistência à tração não-confinada - Ensaio de tração de faixa larga. Rio de Janeiro, 1993.
- - ASTM D 4632. Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles. Philadelphia, 2003.
- - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13359. Geotêxteis - Determinação da resistência ao punctionamento estático - Ensaio com pistão tipo CBR. Rio de Janeiro, 1995.
- - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4491. Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity. Philadelphia, 2004.
- - ASTM D 4751. Test Method for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile. Philadelphia, 2004.

3. DEFINIÇÃO

As mantas geotêxteis de poliéster não tecidas são os geocinéticos utilizados na execução dos dispositivos de drenagem, com a finalidade de filtração, separação e proteção.

4. MATERIAIS

Os materiais geossintéticos, aqui considerados, são as mantas geotêxteis não tecidas de poliéster, e devem satisfazer ao especificado na Tabela 1.

Tabela 01- Propriedade de Manta Geotêxteis não Tecido

PROPRIEDADE	NORMA	MANTA GEOTEXTEIS TIPO		
		A	B	C
Resistência à tração faixa larga	NBR 12824	$\geq 12 \text{ kN/m}^*$	$\geq 14 \text{ kN/m}^*$	$\geq 19 \text{ kN/m}^*$
Alongamento	NBR 12824	$\leq 75\%^*$	$\leq 75\%^*$	$\leq 75\%^*$
Resistência à tração grab	ASTM D 4632(2)	$\geq 800 \text{ N}^*$	$\geq 960 \text{ N}^*$	$\geq 1290 \text{ N}^*$
Resistência ao punctionamento cbr	NBR 13359	$\geq 2,5 \text{ kN}$	$\geq 3,0 \text{ kN}$	$\geq 4,0 \text{ kN}$
Permeabilidade	ASTM D 4491	$\geq 0,35 \text{ cm/s}$	$\geq 0,35 \text{ cm/s}$	$\geq 0,35 \text{ cm/s}$
Abertura aparente AOS (o95)	ASTM D 4751	0,11 mm a 0,21 mm	0,08 mm a 0,19 mm	0,07 mm a 0,16 mm

* Limite admissível na direção de menor resistência

5. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser inspecionado e aprovado pela fiscalização da Arteris.

Os equipamentos básicos necessários aos serviços de aplicação das mantas geotêxteis compreendem:

- caminhão de carroceria fixa com guincho;
- equipamento para desenrolar o geotêxtil - pendurais;
- ferramentas manuais, como tesouras, facas e outros materiais de corte.

6. EXECUÇÃO

A aplicação de mantas geotêxteis em dispositivos de drenagem, gabiões, drenos, enrocamentos, canais e outros deve atender ao especificado em projeto, e as recomendações dos fabricantes quanto aos cuidados necessários na aplicação do material.

As uniões longitudinais e transversais das mantas de geotêxteis devem ter sobreposição de 20 cm a 30 cm, ou conforme especificações dos fabricantes.

Durante o desenvolvimento das obras deve ser evitado o tráfego desnecessário de pessoal ou equipamentos sobre a manta geotêxtil aplicada, evitando sua danificação.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

7.1. Materiais

Todo fornecimento de manta geotêxtil que chegar à obra deve vir acompanhado do certificado de qualidade, fornecido por laboratório idôneo, que contenham os resultados dos ensaios realizados para o lote de fabricação, conforme as seguintes especificações:

- a) resistência à tração faixa larga, conforme a NBR 12824;
- b) alongamento na ruptura, conforme a NBR 12824;
- c) resistência à tração grab, conforme a ASTM D 4632;
- d) resistência ao punctionamento, pistão CBR, conforme a NBR 13359;
- e) permeabilidade, conforme a ASTM D 4491;
- f) abertura aparente, conforme ASTM D 4751.

7.2. EXECUÇÃO

Após aplicação da manta geotêxtil deve-se verificar:

- a) se o recobrimento é adequado,
- b) se não existem rupturas, enrugamentos ou ondulações;

8. ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam às exigências de execução.

Especificação Particular

ARTERIS ES 011 – MACADAME SECO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada para a execução de sub-base de Macadame Seco, constituída de pedra obtida diretamente da britagem primária (rachão), tendo os seus vazios preenchidos por agregados miúdos tipo bica corrida (brita 1, pedrisco e pó de pedra). A sub-base será executada, resumidamente, nas seguintes etapas:

- Espalhamento e rolagem de uma camada de bloqueio, com 3 a 5 cm de espessura, constituída de agregado miúdo, diretamente sobre o subleito compactado.
- Espalhamento e rolagem inicial do agregado graúdo sobre a camada de bloqueio.
- Preenchimento dos vazios do agregado graúdo através do espalhamento e rolagem de uma camada de enchimento, constituída de agregados miúdos.
- Compactação final da camada.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104.
- ARTERIS T – 27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.
- DNIT – ME 024 – Pavimento – Determinação das Deflexões pela Viga Benkelmen

3. MATERIAS

3.1. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada tipo rachão, produto total da britagem primária, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excessos de

partículas lamelares ou alongadas, ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais.

Devem atender ainda os seguintes parâmetros:

- Durabilidade ao sulfato de sódio: perda máxima de 20%
- Desgaste no ensaio Los Angeles inferior a 55%.

Para execução de camadas com espessura da camada acabada entre 15cm e 20cm, a granulometria do agregado graúdo deve atender aos limites especificados na tabela abaixo.

Peneiras		% em massa, passando
ASTM	Abertura, mm	
6"	152,4	100
4"	101,6	90-100
3"	76,2	65-80
2"	50,8	15-55
1"	25,4	5-30
½"	12,7	2-18
Nº 4	4,8	0-15

Para execução de camadas com espessura da camada acabada entre 20cm e 30cm, a granulometria do agregado graúdo deve atender aos limites especificados na tabela abaixo.

Peneiras		% em massa, passando
ASTM	Abertura, mm	
6"	152,4	100
5"	127,0	68-95
4"	101,6	50-92
3"	76,2	34-73
2"	50,8	15-55
1"	25,4	5-30
½"	12,7	2-18
Nº 4	4,8	0-15

Nota 1: O diâmetro máximo do agregado deve estar compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, não devendo ser superior a 6" (152,4mm).

No caso de utilização de camadas com espessuras entre 15,0 cm e 20,0 cm, deve ser dada preferência para utilização de agregado graúdo de um só tamanho, admitindo-se no máximo o emprego de agregado graúdo separado na peneira classificadora vibratória de 2" (material passante na peneira de diâmetro máximo e retido na peneira de 2").

Nota 2: Diâmetro máximo do agregado graúdo deve estar compreendido entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{2}{3}$ da espessura final de cada camada executada, não devendo ser superior a 5" (127 mm) e nem inferior a 3" (88,9 mm).

3.2. AGREGADO MIUDO

3.2.1. Camada de Bloqueio e de Enchimento

Estas camadas devem ser constituídas por produto de britagem, de acordo com uma das faixas granulométricas descritas na tabela abaixo, de forma a permitir o travamento do agregado graúdo.

Peneiras		Percentagem passando, em peso				
ASTM	Abertura, mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
1"	25,4	100	-	-	-	-
$\frac{3}{4}"$	19,1	-	100	100	-	-
$\frac{3}{8}"$	9,5	50 – 85	69-100	-	100	100
n.º 4	4,8	-	-	55-100	70-100	60-80
n.º 10	2	25 – 50	40-70	-	-	-
n.º 40	0,42	-	-	20-50	30-60	15-25
n.º 200	0,074	5 – 15	5-20	6-20	8-25	0-12

- Equivalente de areia do material deve ser superior a 55% (ABNT-NBR 12052).

4. EQUIPAMENTOS

São indicados os seguintes equipamentos:

- Trator de lâmina, para espalhamento do agregado graúdo e travamento da camada;
- Compactador pesado tipo vibratório corrugado ou similar, para a acomodação e travamento da camada de agregado graúdo;
- Motoniveladora para espalhamento das camadas de bloqueio e enchimento;
- Rolo vibratório liso auto propelido CA-35, CC-43 ou similar para compactação das camadas de bloqueio e de enchimento.

Outros processos podem ser empregados desde que se garanta o travamento do agregado graúdo.

5. EXECUÇÃO

Compreendem as operações de execução da camada de bloqueio, agregado graúdo e material de enchimento, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada e nas quantidades que permitam após a compressão, atingir a espessura projetada.

A sub-base de agregado graúdo deverá ser executada em uma ou mais camadas (de agregado graúdo + enchimento) de, no máximo 30 cm de espessura acabada, até atingir a espessura total de projeto.

5.1. CAMADA DE BLOQUEIO

Deve ser executada antes do espalhamento do agregado graúdo de forma que cubra toda a largura da plataforma, tendo espessura de 3 e 5 cm, devendo ser rolada com rolo liso vibratório.

5.2. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser espalhado em uma camada de espessura constante, uniformemente solta, e disposta de modo que seja obtida a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados.

Este espalhamento deverá ser feito com trator de lâmina, executando-se a seguir, a primeira operação de compressão com equipamento pesado, observando-se a não degradação do agregado graúdo, até que consiga um bom entrosamento do agregado graúdo e a conformação transversal necessária.

5.3. MATERIAL DE ENCHIMENTO E ACABAMENTO

O material de enchimento deve ser espalhado com motoniveladora sobre a camada de agregado graúdo, de modo a preencher os vazios da camada já parcialmente comprimida.

Deve ser feita a seguir a compressão com rolo vibratório corrugado para forçar a penetração do material de enchimento nos vazios da camada de rachão. Se necessário, deve ser adicionado mais agregados finos para preencher as falhas e vazios no agregado graúdo.

A camada de enchimento deve penetrar totalmente na camada de agregado graúdo, regularizando-a.

A compressão deve estar concluída quando desaparecerem as ondulações na frente do rolo e a sub-base se apresente completamente firme e travada. Para o acabamento final algumas passadas de rolo vibratório liso até que a superfície esteja desempenada, sem depressões. Caso haja locais com depressão ou segregação de agregado graúdo os mesmos devem ser preenchidos com material de enchimento e compactadas até que toda a área se apresente desempenada, sem segregação ou depressão.

6. CONTROLE

6.1. CONTROLE TECNOLÓGICO

Devem ser executados os seguintes controles:

- 1 Ensaio de abrasão Los Angeles e de durabilidade do agregado graúdo no início dos trabalhos e sempre que houver variações da natureza ou origem do material;
- 1 Ensaio de granulometria dos agregados miúdos e graúdos (i) a cada 300 metros de pista, (ii) para cada pilha de material estocada ou (iii) a cada dia de trabalho, o que ocorrer primeiro.
- 1 Ensaio de equivalente de areia dos agregados miúdos no início dos trabalhos e sempre que houver variações da natureza ou origem do material.
- Medidas das deflexões recuperáveis em quantidade suficiente para caracterizar a uniformidade do segmento. A deflexão característica do segmento executado deve ser menor que a deflexão admissível de projeto. Estas medidas devem ser efetuadas através da Viga Benkelman ou FWD (Falling Weight Deflectometer), em dias secos (sem chuva).

6.2. VERIFICAÇÃO DE CAMPO

- Uma verificação após o término da compactação e antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação, a fim de liberar a colocação do material de enchimento;
- Uma verificação do enchimento dos vazios, pela constatação de que a camada se encontra completamente firme;
- Os eventuais pontos fracos devem ser corrigidos.

7. ACEITAÇÃO

A aceitação do segmento deve ocorrer por avaliação visual durante a execução dos trabalhos, e após deve ser efetuada a verificação da deflexão e a verificação geométrica.

Conforme o modelo estatístico, deflexão característica (D_c) ≤ deflexão máxima admissível (D_{ma}).

O cálculo da (D_c) será conforme descrito abaixo:

$$D_c = \bar{X} + d,$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}},$$

“N” = quantidade de amostras

Em relação ao controle geométrico, as espessuras das camadas de Rachão deverão ser obtidas por nivelamento, antes do espalhamento e depois da compactação, no eixo e nos bordos, admitindo-se as seguintes tolerâncias, para aceitação dos serviços:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma para implantação e largura medida para manutenção;
- b) ± 10%, quanto à espessura da camada aplicada, em pontos isolados;
- c) Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- d) ± 5%, quanto à espessura da camada de projeto, quando considerado o valor médio.

8. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

A frequência de leituras é definida abaixo conforme a tabela.

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
AGREGADOS	DURABILIDADE	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	≤ 20 %	ARTERIS ME-104
	EQUIVALENTE DE AREIA	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	> 55%	ABNT NBR-12052
	ABRASÃO LOS ANGELES	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	< 55 %	ABNT NBR-6465

USINA / PISTA	GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO E MÍUDO	1 ensaio (i) a cada 300 metros de pista, (ii) para cada pilha de material estocada ou (iii) a cada dia de trabalho, o que ocorrer primeiro	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	no máximo a cada 20 metros de faixa	Dc= X+S ≤ Dproj.	ARTERIS ME-024
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	> 95% do Projeto	CONTROLE TOPOGRÁFICO

Especificação Particular

ARTERIS ES 013 – REMENDOS EM PAVIMENTOS

1. OBJETIVO

Esta Especificação Particular têm o objetivo de definir os processos de execução de remendos para retardar a restauração do pavimento através de um remendo bem executado.

2. INTRODUÇÃO

Todos os pavimentos exigem manutenção devido aos efeitos do tráfego e clima. A conservação de um pavimento não somente preserva a superfície como também evita a sua falência prematura.

A conservação não deve ser olhada somente como uma ação temporária e mais como um investimento na estrutura do pavimento e uma garantia contra uma restauração onerosa. Em suma, conservação de pavimento é um trabalho de rotina executado para mantê-lo, sob condições normais de tráfego e clima, tão próximo quanto possível das condições de construção.

Os remendos são classificados em 3 categorias:

- Remendo Emergencial
- Remendo corretivo
- Sela Trinca

Esta classificação é função da situação do defeito e sua urgência.

NOTA 1: O sela trinca deve ser executado conforme a Especificação Particular ARTERIS ES 024 ou ARTERIS ES 029.

2.1. REMENDO EMERGENCIAL

Este tipo de remendo é aplicado em buracos abertos pela chuva e que devem ser preenchidos imediatamente, no prazo máximo de 24 horas. Muitas vezes a massa é aplicada em buracos com presença de umidade, e até com água. Podem ser utilizadas misturas prontas do tipo Reparador Instantâneo a Frio de Pavimentos, ou similares, com o mesmo, ou melhor, desempenho comprovado.

Exemplos:

Misturas asfálticas prontas para remendos emergenciais disponíveis no mercado			
Produto	tamanho máximo nominal do agregado	Teor de CAP em relação a mistura total	Resistência ao ataque de água (DUI ARTERIS T-283)
Massa asfáltica "Ez Street"	9,5 mm	5,0	Não é resistente
Jaraguápav instantâneo	9,5 mm	5,0	Não é resistente
Massa asfáltica Stantpav	9,5 mm	5,0	Não é resistente
Massa asfáltica Betonex / Pavimix	9,5 mm	5,0	Não é resistente
Tapa buraco asfáltico	9,5 mm	5,0	Não é resistente
Asfaltec Brasil	9,5 mm	5,0	Não é resistente

Tão logo que seja possível, o Remendo Emergencial deve ser substituído por um Remendo Corretivo.

2.2. REMENDO CORRETIVO

São serviços executados para reparação local onde fora executado o remendo emergencial ou em serviços para conservação da rodovia.

A finalidade do remendo corretivo é manter a rodovia em condições, parâmetros exigidos pelo órgão fiscalizador.

Estes serviços não devem ser feitos sob chuva.

A profundidade deve ser de, no máximo, a espessura do revestimento.

Devem ser removidos todos os materiais soltos, inclusive da lateral da caixa aberta

Os bordos devem ser recortados verticalmente com serra clipper, geometricamente conformados.

É recomendável o uso de mini fresadora para reparos dessa magnitude.

Deve ser feita uma pintura de ligação no fundo e nas paredes com emulsão RR-1C.

A mistura a quente deve ser espalhada e compactada o mais rápido possível, aproveitando a sua temperatura para garantir adequada densificação da camada.

Para agilizar o espalhamento da mistura a quente devem ser adotadas guias de aço nos dois lados do reparo, observando o empolamento necessário, para garantir um acabamento superficial compatível com a natureza do serviço.

Deve ser utilizada uma cantoneira de aço para sarrafear a mistura a quente.

Esta agilidade permite uma rápida liberação da camada para compactação.

2.3. SELA TRINCA

Consiste na aplicação de uma película de asfalto modificado sobre uma trinca inativa.

3. PROCEDIMENTOS

3.1. REMENDO EMERGENCIAL

Para a execução do remendo emergencial, isto é, colocação de uma mistura sobre panelas abertas na pista pela chuva, devem ser usadas misturas prontas, de fácil aplicação (indicadas em 2.1).

Os procedimentos de aplicação da mistura a frio devem obedecer às recomendações do fabricante do produto aplicado, pode ser utilizado (CBUQ) quando não estiver chovendo.

3.2. REMENDO CORRETIVO

A mistura a quente a ser utilizada deverá obedecer a especificação de concreto asfáltico particularizada da Arteris (Arteris ES 027) nas faixas SPV 12,5mm ou SPV 19,0mm.

É necessário que o caminhão utilizado para o transporte da mistura possua isolamento térmico para evitar o resfriamento da mistura, já que a temperatura é fundamental para garantir adequada compactação.

Sequência de procedimentos a ser seguida:

- Enquadramento do reparo dentro de um polígono regular (retângulo ou quadrado).
- Remover todo o material solto nas laterais e fundo. Recomendável o uso de mini fresadora para a execução dos remendos.
- Verificar se os bordos estão com material firme, com adequado comportamento.
- Cortar os bordos com serra Clipper, na camada firme. Se usada a fresadora não é necessário o uso de serra Clipper na direção do corte. Mas deve ser usada nas emendas transversais.
- Limpar completamente a seção. Se usar uma mini fresadora, usar a vassoura mecânica para agilizar a execução da limpeza.
- Usar jatos de ar comprimido na limpeza final da seção. Verificar se há “desplacamento”, ou “solas” no fundo com a aplicação do ar comprimido. Se houver retirar todo o material que está solto.

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

- Executar uma pintura de ligação no fundo e bordos com emulsão RR-1C. A pintura deve remontar no pavimento antigo mais ou menos 3 centímetros. Os bordos devem estar bem pintados para não permitir a entrada de água pela junta.
- Colocar uma guia de cada lado da seção, no sentido longitudinal. Esta guia tem que ter a espessura da mistura a quente com empolamento, antes da compactação. Como a mistura não é espalhada por acabadora e sim manualmente, considerar um empolamento de 30% a 40% da espessura compactada. Se a profundidade do corte for 4 cm a régua deve ter uma espessura de 1,2 cm.
- Espalhar rapidamente a massa quente em toda a largura da seção. Pode ser utilizada a caçamba da mini fresadora para agilizar o espalhamento.
- Espalhar a mistura em toda a largura da seção e ir puxando o excesso conforme se vai sarrafeando.
- Sarrafejar a mistura com uma cantoneira, conforme mostrado em foto.
- A massa quente deve ser espalhada o mais rápido possível aproveitando sua O espalhamento e sarrafeamento não devem exceder 15 minutos.
- Compactar a mesma com rolo combinado com peso superior a 3,5 toneladas.

Sequência para visualizar o procedimento a ser adotado.



(a) Seleção do segmento comprometido



(b) Fresagem com mini fresa



(c) Pintura de ligação



(d) Sarrafeamento



(e) Compactação do remendo



(f) Acabamento

4. CONTROLE DE QUALIDADE

A frequência de ensaios será determinada pelo representante da Arteris e os serviços serão aceitos se a mistura asfáltica aplicada atender os parâmetros de projetos e os vazios encontrados em pista estiverem entre “X min” > 3% e “X máx.” < 8%. Se esta condição não for atendida o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Especificação Particular

ARTERIS ES 014 – CAMADA ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na aplicação de camada de Reforço do Subleito, de Sub-Base ou de Base Estabilizada Granulometricamente, com materiais naturais provenientes de jazidas ou cavas.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

Nota: Para materiais usinados, aplica-se a Especificação Particular para Execução de Brita Graduada Simples – BGS Designação ARTERIS ES 003.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- 2.1. ABNT-NBR 6459 - Solos – Determinação do limite de liquidez.
- 2.2. ABNT-NBR 7180 - Solos – Determinação do limite de plasticidade.
- 2.3. ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- 2.4. ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- 2.5. DNIT-ME 049 - Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR) utilizando amostras não trabalhadas.
- 2.6. DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da Massa Específica Aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- 2.8. DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga
- 2.9. Benkelman.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Camada de Reforço do Subleito, de Sub-base ou de Base Estabilizada Granulometricamente:

Consiste na associação de agregado mineral e água, que cumpre certos requisitos de qualidade, uniformemente espalhada e adequadamente compactada, sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea e estabilizada.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da camada estabilizada granulometricamente são: solos naturais, rochas alteradas naturais, rochas e solos lateríticos, misturas artificiais de solos, de rochas alteradas, materiais de solos (areia, pedregulho) ou ainda por qualquer combinação desses materiais e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

5.1.1. Água

Deve ser potável

5.1.2. Agregados

5.1.2.1. Fração graúda do agregado (com diâmetro superior a 2 mm)

Deve ser resistente e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (ABNT-NBR 6465);

5.1.2.2. Fração miúda do agregado (com diâmetro inferior a 0,42 mm)

Deve apresentar as características seguintes:

- Limite de Liquidez inferior a 25%. (ABNT-NBR 6459).

- Índice de Plasticidade inferior a 6%. (ABNT-NBR 7180).

5.1.2.3. GRANULOMETRIA DO AGREGADO TOTAL

A granulometria deve satisfazer os requisitos de uma das faixas do quadro seguinte quando ensaiadas pelo Método ARTERIS T-27.

% PASSA		FAIXA A		FAIXA B		FAIXA C		FAIXA D		FAIXA E		FAIXA F	
Peneira	mm	MÁX	MÍN										
2"	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25	60	90	75	95	100	100	100	100	100	100	100	100
3/8"	9,5	35	65	40	75	50	85	60	100	75	100	80	100
Nº4	4,8	25	55	30	60	35	65	50	85	55	100	70	100
Nº10	2,0	15	40	20	45	25	50	40	70	40	100	55	100
Nº40	0,42	8	20	15	30	15	30	20	50	20	55	30	70
Nº200	0,075	2	8	5	15	5	20	7	20	8	25	10	25

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

5.2. CAPACIDADE DE SUPORTE E GRAU DE COMPACTAÇÃO DO AGREGADO TOTAL NA PISTA.

5.2.1. O agregado total deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte.

Parâmetro a ser atendido	Unidade	Camada de Reforço do SL		Camada de Sub-Base		Camada de Base	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
CBR - DNIT-ME 049 (Energia Modificada - 56 golpes)	%	-	-	-	-	80	-
EXPANSÃO - DNIT-ME 049 (Energia Modificada - 56 golpes)	%	-	-	-	-	-	0,5
CBR - DNIT-ME 049 (Energia Intermediária - 26 golpes)	%	15	-	30	-	-	-
EXPANSÃO - DNIT-ME 049 (Energia Intermediária - 26 golpes)	%	-	1,0	-	1,0	-	-
GRAU DE COMPACTAÇÃO - DNIT-ME 049	%	100	-	100	-	100	-

Nota: O método de ensaio DNIT-ME 049 fornece também o teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima seca da mistura.

A faixa de agregado total escolhida deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.

6. EQUIPAMENTO

- 6.1. Todos os equipamentos necessários para exploração da jazida ou cava.
- 6.2. Caminhões basculantes para transporte do agregado.
- 6.3. Acabadora ou Trimmer.
- 6.4. Motoniveladora
- 6.5. Rolo compressor pneumático e tandem liso (vibratório ou estático).
- 6.6. Caminhão irrigador para distribuição de água.

7. EXECUÇÃO

7.1. Carga e Transporte

O agregado deve ser carregado na jazia ou cava e transportado até o local de espalhamento.

7.2. Espalhamento

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

7.2.1. Camadas de Reforço do Subleito e Sub-Base:

O agregado pode ser descarregado na pista em montes ou leiras de dimensões constantes de modo a facilitar a distribuição.

A operação de espalhamento neste caso, será executada por motoniveladora descrita em 6.4, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem segregação, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

7.2.2. Camadas de Base:

A operação de espalhamento será executada por acabadora descrito em 6.3, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem segregação, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A largura de cada “pano” não deve permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento.

A conformação suplementar, se necessária, deve ser feita com motoniveladora, tomando-se os cuidados necessários para evitar segregação de finos/grauídos.

É permitido o uso de motoniveladora para acabamento da superfície da camada.

7.3. Compactação

Após terminada a operação de espalhamento, a camada estabilizada granulometricamente deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de no máximo +1 ou no mínimo -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 5.3.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão no mínimo, 30 cm da largura da faixa anteriormente compactada.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.3, independente da energia utilizada.

A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2.

8.1. Materiais

8.1.1. Agregados

8.1.1.1. Jazida / Cava

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT-NBR 6465) na escolha da jazida ou cava e sempre que houver mudança do horizonte explorado.
- No mínimo 9 ensaios de análise granulométrica (AASHTO T-27) na escolha da jazida ou cava.
- No mínimo 9 ensaios de limite de liquidez (ABNT-NBR 6459) na escolha da jazida ou cava.
- No mínimo 9 ensaios de Índice de plasticidade (ABNT-NBR 7180) na escolha da jazida ou cava.
- No mínimo 9 ensaios de Índice de Suporte Califórnia (CBR) utilizando amostras não trabalhadas (DNIT-ME 049) na escolha da jazida ou cava.

8.1.1.2. Pista

- 1 ensaio de análise granulométrica (AASHTO T-27) por dia de trabalho na pista.
- 1 ensaio de limite de liquidez (ABNT-NBR 6459) por dia de trabalho na pista.
- 1 ensaio de Índice de plasticidade (ABNT-NBR 7180) por dia de trabalho na pista.
- 1 ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR) (DNIT-ME 049) por dia de trabalho na pista.
- Tantas quanto forem necessárias, determinações do teor de umidade antes da compactação da camada. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER ME-092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo. Este ensaio também servirá para medir a espessura da camada executada.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de pista. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento. O lote, para o controle estatístico, a ser adotado pode ser por tempo ou extensão. Por exemplo, uma semana de trabalho ou 1 km de pista.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras													k = coeficiente multiplicador					

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
JAZIDA	APROVAÇÃO DA JAZIDA	Mínimo 15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-014	-

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
PISTA	ABRASÃO LOS ANGELES	Na escolha da jazida ou cava e sempre que houver mudança do horizonte explorado	< 55 %	ABNT NBR-6465
	GRANULOMETRIA DO AGREGADO	Mínimo 9 ensaios na escolha da jazida ou cava	VER 5.2 da Especificação ARTERIS ES-014	ARTERIS ME-27
	LIMITE DE LIQUIDEZ	Mínimo 9 ensaios na escolha da jazida ou cava	< 25%	ABNT-NBR 6459
	ÍNDICE DE PLASTICIDADE	Mínimo 9 ensaios na escolha da jazida ou cava	< 6%	ABNT-NBR 7180
	EXPANSÃO	Mínimo 9 ensaios na escolha da jazida ou cava	VER 5.3 da Especificação ARTERIS ES-014	DNIT ME-049
	INDICE SUPORTE (CBR)	Mínimo 9 ensaios na escolha da jazida ou cava	VER 5.3 da Especificação ARTERIS ES-014	DNIT ME-049
	LIMITE DE LIQUIDEZ	1 ensaio por dia de trabalho	< 25%	ABNT-NBR 6459
TOPOGRAFIA	ÍNDICE DE PLASTICIDADE	1 ensaio por dia de trabalho	< 6%	ABNT-NBR 7180
	EXPANSÃO	1 ensaio por dia de trabalho	VER 5.3 da Especificação ARTERIS ES-014	DNIT ME-049
	INDICE SUPORTE (CBR)	1 ensaio por dia de trabalho	VER 5.3 da Especificação ARTERIS ES-014	DNIT ME-049
	TEOR DE UMIDADE	Quantas forem necessárias	-2% a +1% da H ót de Projeto	DNIT ME-092
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de pista	> 100% (Independente da Energia Utilizada)	DNIT ME-092
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 100 metros de pista	Projeto	DNIT ME-024
	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	> 95% do Projeto	DNIT ME-092

Especificação Particular

ARTERIS ES 017 – DRENAGEM SUBTERRÂNEA

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de drenagem subterrânea nas obras administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15073. Tubos corrugados de PVC e de Polietileno para drenagem subterrânea agrícola. Rio de Janeiro 2004.
- NBR 7181. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- DNIT EM 093/2006: Tubo Dreno Corrugado de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) para Drenagem Rodoviária.

3. DEFINIÇÃO

Os drenos subterrâneos são dispositivos de drenagem destinados à interceptação, captação e condução das águas do subleito e de infiltração no pavimento de forma a preservar a integridade do corpo estradal. Compreende os drenos subsuperficiais e os drenos profundos.

3.1. Drenos subsuperficiais

Dispositivos instalados nas camadas subsuperficiais das rodovias, em geral no subleito, de modo a permitir a captação, condução e deságue das águas que se infiltram pelo pavimento ou estão contidas no próprio maciço e que, por ação do tráfego e carregamento, comprometem a estrutura do pavimento e a estabilidade do corpo estradal.

Os drenos subsuperficiais podem ser executados na direção transversal ou longitudinal da rodovia.

3.2. Drenos Profundos

São dispositivos utilizados para rebaixar o lençol freático, em cortes em solo ou rocha, evitando que as águas subterrâneas possam afetar a resistência do material do subleito ou pavimento.

3.3. Classificação

Eles podem ser classificados em:

- drenos cegos: quando não se utilizam tubos;
- drenos contínuos: quando se utilizam tubos.

Nota: Caso a drenagem a ser executada não possua projeto seguir o esquema da figura abaixo.

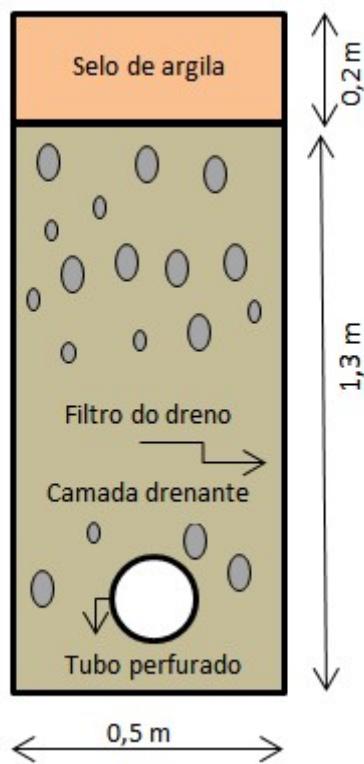


Figura 1 - Dreno longitudinal profundo

4. MATERIAIS

4.1. Material drenante

O material drenante é constituído por pedra britada, limpa e isenta de argila, matérias orgânicas, cuja faixa granulométrica corresponde àquela indicada no projeto.

O filtro do dreno subterrâneo deve ser executado com mantas geotêxteis não tecidas de poliéster, de permeabilidade e espessuras indicadas no projeto.

4.2. Tubos

Os tubos dos drenos profundos ou subsuperficiais, quando indicados no projeto, perfurados ou não de PVC rígido ou PEAD, devem possuir diâmetros e dimensões indicadas nos projetos específicos.

Os tubos corrugados de PVC e de polietileno devem possuir diâmetros e dimensões especificadas em projeto, e devem atender às recomendações dos fabricantes e satisfazer as exigências contidas na NBR 15073.

4.3. Material de rejuntamento

O material de rejuntamento a ser empregado para tubos de concreto será argamassa de cimento e areia, no traço de 1:4, em massa.

O material para junção de tubos dreno de PEAD será a luva de emenda, conforme detalhado nas especificações de materiais DNIT EM 093/2006: Tubo Dreno Corrugado de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) para Drenagem Rodoviária.

5. EQUIPAMENTOS

Recomendam-se, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- a) Caminhão basculante;
- b) Caminhão de carroceria fixa;
- c) Betoneira ou caminhão betoneira;
- d) Gabarito para definição da declividade;
- e) Retroescavadeira;

Outros equipamentos poderão ser usados, desde que previamente aprovados pela fiscalização.

6. EXECUÇÃO

A execução dos drenos subterrâneos compreende as seguintes etapas:

- a) a vala do dreno deve ser aberta, no sentido de jusante para montante, atendendo às dimensões e declividade estabelecidas no projeto, caso não possua seguir figura 1.
- b) o material escavado deve ser carregado em caminhão basculante até um local próximo, e aprovado pela fiscalização, e de forma a não prejudicar a configuração do terreno e nem dificultar o escoamento das águas superficiais.
- c) os drenos transversais podem descarregar em drenos longitudinais que por sua vez, podem descarregar em dispositivos de saídas, posicionados sempre em seções de aterro.
- d) a aplicação da manta geotêxtil deve ser executada fixando-a nas paredes e na superfície adjacente à vala, com grampos de ferro de 5 mm de diâmetro, dobrados em "U".
- e) o preenchimento da vala deve ser no sentido de montante para jusante, com os materiais especificados no projeto, atendendo às seguintes particularidades:
 - preparo de uma camada de 10 cm de espessura no fundo da vala, com o material drenante.
 - os orifícios dos tubos perfurados devem ficar voltados para baixo, e a bolsa do lado de montante;
 - complementação do enchimento da cava com o material drenante, acomodado em camadas individuais de cerca de 20 cm cada, até a cota especificada no projeto, tendo o cuidado de manter a integridade do tubo durante a operação de acomodação;
 - dobragem e costura do geotêxtil, complementando o envelopamento. A sobreposição da manta nas emendas longitudinais deve ser de 20 cm com costura, ou 50 cm, sem costura.
- f) aplicação e compactação do selo de argila.
- g) execução das saídas de concreto de acordo com o projeto-tipo adotado. Nas saídas dos cortes, os drenos devem ser defletidos em cerca de 45º, com raio da ordem de 5 m, prolongando-se no mínimo 1 m além do offset do aterro anexo. Executar, se necessário, escavação que garanta adequado fluxo às águas conduzidas pelo dreno.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

7.1. Materiais:

O controle das mantas geotêxteis, e dos materiais utilizados nas bocas e caixas de coleta ou passagem deve ser feito de acordo com o recomendado em suas correspondentes especificações.

Os tubos de PVC para condução das águas devem obedecer ao especificado no projeto quanto às suas características físicas, materiais e dimensionais, e suas propriedades devem ser certificadas pelos fabricantes.

O material drenante deve atender aos índices físicos exigidos nos projetos ou nas respectivas especificações técnicas, além das recomendações do subitem 4.1 desta especificação.

Deve-se verificar a granulometria do material drenante conforme a ARTERIS T 27, a cada 100 m³ de material aplicado,

7.2. Geometria e acabamento

O controle geométrico deve ser feito através de levantamentos topográficos, auxiliados por gabinetes para verificação das suas dimensões. Os elementos geométricos característicos, que compreendem: alinhamento, profundidades, cotas, declividades, dimensões internas, comprimentos e outros, devem ser aqueles estabelecidos em notas de serviço, com as quais deve ser feito o acompanhamento da execução.

O controle geométrico dos drenos deve ser feito das seguintes formas:

- a) determinação das dimensões do dispositivo, por medidas a trena, obtidas de 10 m em 10 m, ou localizadas conforme o caso;
- b) nivelamento do fundo das valas ou plataforma sobre o qual as camadas drenantes são executadas para verificação da declividade.

O controle qualitativo dos dispositivos deve ser feito de forma visual, avaliando as características de acabamento das obras executadas, acrescentando outros processos de controle, caso necessário, para garantir que não ocorra prejuízo à operação hidráulica do dispositivo.

8. ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que sejam atendidas as exigências estabelecidas nesta especificação.

8.1. Materiais

Os materiais são aceitos desde que atendam ao discriminado no item 4. A critério da fiscalização da Arteris, os lotes de materiais industrializados fornecidos por terceiros, como os tubos-dreno e as mantas geotêxteis, devem ser recebidos e aceitos desde que acompanhados de certificado de qualidade.

Os agregados que constituem o material drenante devem atender aos índices físicos exigidos nesta especificação e as exigências de granulometria de projeto.

8.2. Geometria e acabamento

Os serviços executados são aceitos desde que as seguintes condições sejam atendidas:

- a) na inspeção visual, o acabamento for julgado satisfatório;
- b) os dispositivos estão em perfeitas condições de conservação e funcionamento;
- c) as dimensões avaliadas não divergirem das de projeto das seguintes formas:
 - o nivelamento do fundo dos drenos devem atender à tolerância de ± 2 cm;
 - as dimensões das valas não variem das de projeto de mais de 5,0 cm para maior e nunca sejam menores que as de projeto em pontos isolados;
 - o nivelamento dos fundos dos dispositivos de saída e coleta esteja dentro da margem de $\pm 0,5$ cm em relação à cota prevista em projeto.
- d) o perfil longitudinal apresenta-se satisfatório em termos de continuidade e declividade, e em concordância com os critérios de projeto para o dispositivo.

No caso de não atendimento às alíneas a, b ou d, a executante deve refazer ou melhorar o acabamento e conferir ao dispositivo e condições satisfatórias, indicadas pela fiscalização, quanto à sua conservação e funcionamento.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
MATERIAIS	GRANULOMETRIA DO SOLO (Coesivo)	A cada 100 m ³ executados	-	ABNT NBR 7181
	GRANULOMETRIA DO SOLO (Granular)	A cada 100 m ³ executados	Atender ao projeto de dosagem	ARTERIS T 27
TOPOGRAFIA	NIVELAMENTO E DECLIVIDADE	A critério da fiscalização	Atender ao projeto de dimensões	Linha e trena/ Nível de mangueira / Topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 019 – IMPRIMAÇÃO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução imprimação sobre a superfície de base concluída. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

- NBR-14756-2001 – Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade cinemática
- DNER-EM 363/97 – Asfalto diluído tipo de cura médio
- DNER-ME 004/94 – Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade “saybolt furol”
- DNER-ME 012/94 – Asfalto diluído – Destilação
- DNER-ME 148/94 – Material betuminoso – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

Imprimação consiste na aplicação de camada de material betuminoso sobre a superfície da base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. O ligante betuminoso não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C, ou em dias de chuva, ou quando a superfície a ser imprimada apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.
- 4.2. Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.
- 4.3. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

- 5.1.1. Os ligantes betuminosos empregados na imprimação poderão ser os asfaltos diluídos CM- 30 ou Emulsão Asfáltica de Imprimação (EAI).
- 5.1.2. A escolha do ligante betuminoso adequado será feita em função da textura do material da base.
- 5.1.3. A taxa de aplicação "T" é aquela que pode ser absorvida pela base em 24 horas, devendo ser determinada experimentalmente, no canteiro da obra. As taxas de aplicação usuais são da ordem de 0,6 a 1,2 l/m², conforme o tipo e a textura da base e do ligante betuminoso escolhido.

5.2. Equipamento

- 5.2.1. Para a varredura da superfície da base, usam-se de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, a operação ser executada manualmente. O jato de ar comprimido poderá também ser usado.
- 5.2.2. A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento que permitam a aplicação do ligante betuminoso em quantidade uniforme.

5.2.3. Os carros distribuidores do ligante betuminoso, especialmente construídos para este fim, devem ser providos de dispositivos de aquecimento, dispondo de tacômetro, calibradores e termômetros com precisão \pm de 1 °C, instalados em locais de fácil observação e, ainda, possuir espargidor manual para tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas. As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena, com dispositivo de ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento uniforme do ligante.

5.2.4. O depósito de ligante betuminoso, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma capacidade tal que possa armazenar a quantidade de ligante betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

5.3. Execução

5.3.1. Após a perfeita conformação geométrica da base, proceder à varredura da superfície, de modo a eliminar todo e qualquer material solto.

5.3.2. Antes da aplicação do ligante betuminoso a pista poderá ser levemente umedecida.

5.3.3. Aplica-se, a seguir, o ligante betuminoso adequado, na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade recomendada e de maneira uniforme. A temperatura de aplicação do ligante betuminoso deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento

5.3.4. A tolerância admitida para a taxa de aplicação do ligante betuminoso quando definida pelo projeto e ajustada experimentalmente no campo é de $\pm 0,2$ l/m².

5.3.5. Deve-se imprimir a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível fechada ao tráfego. Quando isto não for possível, trabalha-se em meia pista, executando a impressão da adjacente assim que a primeira for permitida ao tráfego. O tempo de exposição da base imprimada ao tráfego é condicionado ao comportamento da mesma, não devendo ultrapassar 30 dias.

5.3.6. A fim de evitar a superposição ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, colocam-se faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do ligante betuminoso situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante betuminoso deve ser imediatamente corrigida.

5.3.7. O tempo de cura mínimo para a camada imprimada, não deve ser inferior a 24 horas após a aplicação quando utilizado a Emulsão asfáltica para impressão (EAI) e não deve ser inferior a 72 horas quando utilizado o CM-30.

5.3.8. Após o período de cura, caso constatado poças de imprimação sem ruptura, poderá ser utilizada a CAL hidratada para absorção desse material.

5.3.9. No caso de utilização da Emulsão Asfáltica para Imprimação (EAI), deverá ser aplicada, obrigatoriamente, CAL CH-I nas trilhas de roda, anteriormente ao trânsito de máquinas e equipamentos, em uma taxa de 200g/m², com a finalidade de evitar a remoção da película protetora da camada.

5.3.10. Após a camada estar completamente rompida, o tráfego de veículos sobre a camada imprimada, só será permitido perante a lubrificação dos pneus, a solução pode ser a mesma utilizada nas misturas asfálticas usinadas a quente (20% detergente neutro e 80% de água).

6. MANEJO AMBIENTAL

Objetivando a preservação ambiental, deverão ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos, e/ou instituídos, no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Plano Básico Ambiental – PBA e os Programas Ambientais.

7. INSPEÇÕES

7.1. Controle dos insumos:

O material utilizado na execução da imprimação deve ser rotineiramente examinado, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

O asfalto diluído deverá ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e satisfazer as especificações em vigor. Para todo carregamento que chegar à obra deverão ser executados os seguintes ensaios:

- a) ensaio de viscosidade cinemática a 60 °C (ABNT NBR 14756/2001);
- b) ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004/94) a diferentes temperaturas para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura;

- c) ensaio do ponto de fulgor e combustão (vaso aberto Cleveland) (DNER-ME 148/94).

Deverão ser executados ensaios de destilação para os asfaltos diluídos (DNER-ME 012/94), para verificação da quantidade de solvente, para cada 100 t que chegar à obra.

7.2. Controle da produção:

7.2.1. Temperatura – A temperatura do ligante betuminoso deve ser medida no caminhão distribuidor imediatamente antes de qualquer aplicação, a fim de verificar se satisfaz ao intervalo de temperatura definido pela relação viscosidade x temperatura.

7.2.2. Taxa de aplicação (T):

a) O controle da quantidade do ligante betuminoso aplicado será feito aleatoriamente, mediante a colocação de bandejas, de peso e área conhecidos, na pista onde está sendo feita a aplicação. Por intermédio de pesagens, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade de ligante betuminoso aplicado (taxa de aplicação - T).

b) Para trechos de imprimação de extensão limitada ou com necessidade de liberação imediata, com área de no máximo 4.000 m², deverão ser feitas 5 determinações de T, no mínimo, para controle.

c) Nos demais casos, para segmentos com área superior a 4.000 m² e inferior a 20.000 m², o controle da produção (Execução) da imprimação deve ser exercido através de coleta de amostras para determinação da taxa de aplicação, feita de maneira aleatória de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide item 7.4).

7.3. Verificação do produto:

7.3.1. Material – Os resultados de todos os ensaios deverão atender às especificações, de acordo com a seção 5.1 e às especificações de materiais aplicáveis

7.3.2. Temperatura – Os resultados de todas as medições deverão situar-se no intervalo definido pela relação viscosidade x temperatura, conforme a seção 7.1 ou conforme indicado pelo fabricante.

7.4. Plano de amostragem – Controle Tecnológico

O número e a frequência de determinações da taxa de aplicação (T) do ligante serão estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNERPRO 277/97.

7.5. Condições de conformidade e não conformidade

As condições de conformidade e não conformidade da taxa de aplicação (T) serão analisadas, de acordo com os seguintes critérios:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{Não Conformidade};$

$X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{Conformidade};$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, de acordo com a norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das “Não-Conformidades” dos Insumos e do Produto. Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido. Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário será rejeitado.

8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) a imprimação será medida em metros quadrados, considerando a área efetivamente executada. Não serão motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais (exceto asfalto diluído), transporte do ligante dos tanques de estocagem até a pista, armazenamento e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;
- b) a quantidade de asfalto diluído aplicada é obtida pela média aritmética dos valores medidos na pista, em toneladas;
- c) não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- d) o transporte do asfalto diluído efetivamente aplicado será medido com base na distância entre o fornecedor e o canteiro de serviço;
- e) nenhuma medição será processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade, contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
IMPRIMAÇÃO	TAXA DE APLICAÇÃO	A cada 4.000 m ² , mínimo de 5 determinações	X - ks ≥ valor mínimo especificado X + ks ≤ valor máximo de especificado	Bandeja / Balança

Especificação Particular

ARTERIS ES 020 – PINTURA DE LIGAÇÃO

1. RESUMO

Este documento define a sistemática a ser empregada na aplicação da pintura de ligação sobre a superfície de uma camada de base ou entre camadas betuminosas. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e de ensaios, manejo ambiental, controle de qualidade, condições de conformidade e não conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14376:2007: emulsões asfálticas – determinação do resíduo por evaporação: método expedito. Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-EM 369/97: emulsões asfálticas catiônicas. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- DNER-ME 002/98: emulsões asfálticas – carga da partícula. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- DNER-ME 004/94: material betuminoso – determinação da viscosidade “saybolt-furol” a alta temperatura. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- DNER-ME 005/94: emulsões asfálticas – determinação da peneiração. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- DNER-ME 006/00: emulsões asfálticas – determinação da sedimentação. Rio de Janeiro: IPR, 2000.
- DNER-PRO 277/97: metodologia para controle estatístico de obras e serviços. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 001/2009-PRO: elaboração e apresentação de normas do DNIT: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

- DNIT 011/2004-PRO: gestão de qualidade em obras rodoviárias: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- DNIT 013/2004-PRO: requisitos para a qualidade em obras rodoviárias: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004

3. DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma, aplica-se a seguinte definição:

Pintura de ligação consiste na aplicação de ligante betuminoso sobre superfície de base ou revestimento betuminoso anterior à execução de uma camada betuminosa qualquer, objetivando promover condições de aderência entre as camadas.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. O ligante betuminoso não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C, ou em dias de chuva, ou quando a superfície a ser pintada apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.
- 4.2. Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.
- 4.3. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

- 5.1.1. Os ligantes betuminosos empregados na pintura de ligação poderão ser dos tipos seguintes:

- a) Emulsões asfálticas, tipos RR-1C e RR-2C;
- b) Emulsões asfálticas modificadas, quando indicadas no projeto.

5.1.2. A taxa recomendada de ligante betuminoso residual deverá ser conforme tabelas abaixo.

Pavimentos executados com misturas asfálticas convencionais (bem-graduadas)

Nova camada sobre camadas recém executadas	0,15 a 0,25 l/m ² (resíduo)
Nova camada sobre camadas antigas, já oxidadas	0,25 a 0,40 l/m ² (resíduo)

Pavimentos executados com misturas asfálticas convencionais (bem-graduadas)

Nova camada sobre camadas recém executadas	0,15 - 0,3 l/m ² (resíduo)
Nova camada sobre camadas antigas, já oxidadas	0,2 - 0,4 l/m ² (resíduo)

No caso de pavimentos com rebaixos localizados dentro da caixa de fresagem, considerar o disposto na especificação Arteris ES 027.

5.2. Equipamento

5.2.1. Para a varredura da superfície da base, usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, a operação ser executada manualmente. O jato de ar comprimido poderá também ser usado.

5.2.2. A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, que permitam a aplicação do ligante betuminoso em quantidade uniforme.

5.2.3. Os carros distribuidores do ligante betuminoso, especialmente construídos para este fim, devem ser providos de dispositivos de aquecimento, dispondo de tacômetro, calibradores e termômetros com precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, instalados em locais de fácil observação e, ainda, possuir espargidor manual para tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas. As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena, com dispositivo de ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento uniforme do ligante.

5.2.4. O depósito de ligante betuminoso, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma

capacidade tal que possa armazenar a quantidade de ligante betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

5.3. Execução

5.3.1. A superfície a ser pintada deverá ser varrida, a fim de ser eliminado o pó e todo e qualquer material solto.

5.3.2. Antes da aplicação do ligante betuminoso, no caso de bases de solo-cimento ou concreto magro, a superfície da base deve ser umedecida.

5.3.3. Aplica-se, a seguir, o ligante betuminoso adequado na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade recomendada e de maneira uniforme. A temperatura da aplicação do ligante betuminoso deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione melhor a viscosidade para espalhamento. A viscosidade recomendada para o espalhamento da emulsão deverá estar entre 20 a 100 segundos "Saybolt-Furol" (DNER-ME 004/94).

5.3.4. Após aplicação do ligante deve-se esperar o escoamento da água e evaporação em decorrência da ruptura.

5.3.5. A tolerância admitida para a taxa de aplicação "T" do ligante betuminoso diluído com água é de $\pm 0,2 \text{ l/m}^2$.

5.3.6. Deve-se executar a pintura de ligação na pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível, fechada ao tráfego. Quando isto não for possível, trabalha-se em meia pista, executando a pintura de ligação da adjacente assim que a primeira for permitida ao tráfego.

5.3.7. A fim de evitar a superposição ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, colocam-se faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do ligante betuminoso situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante betuminoso deve ser imediatamente corrigida.

6. MANEJO AMBIENTAL

Objetivando a preservação ambiental, deverão ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos, e/ou instituídos, no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que

compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Plano Básico Ambiental – PBA e os Programas Ambientais.

7. INSPEÇÕES

7.1. Controle dos insumos:

O material utilizado na execução da pintura de ligação deve ser rotineiramente examinado, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

7.1.1. O ligante betuminoso deverá ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e satisfazer as especificações em vigor. Para todo carregamento que chegar à obra deverão ser executados os seguintes ensaios da emulsão asfáltica:

- a) ensaio de Viscosidade “Saybolt-Furol” a 60 °C (DNER-ME 004/94);
- b) ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004/94) a diferentes temperaturas para o estabelecimento de relação viscosidade x temperatura;
- c) ensaio de resíduo por evaporação (ABNT NBR14376/2007);
- d) ensaio de peneiramento (DNER-ME 005/95);
- e) ensaio da carga da partícula (DNER-ME 002/98).

7.1.2. Deverá ser executado ensaio de sedimentação para emulsões, para cada 100 t (DNER-ME 006/00).

7.2. Controle da produção:

7.2.1. Temperatura – A temperatura do ligante betuminoso deve ser medida no caminhão distribuidor imediatamente antes de qualquer aplicação, a fim de verificar se satisfaz ao intervalo de temperatura definido pela relação viscosidade x temperatura.

7.2.2. Taxa de aplicação (T):

- a) O controle da quantidade do ligante betuminoso aplicado será feito aleatoriamente, mediante a colocação de bandejas, de peso e área conhecidos, na pista onde está sendo feita a aplicação. Por intermédio de pesagens, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade de ligante betuminoso aplicado (taxa de aplicação - T). Para determinação da taxa residual de forma mais rápida, poderá ser utilizado um fogareiro portátil com refil gás MAP.

- b) Deverão ser realizadas verificações da taxa de ligante residual para todos os segmentos com extensão superior a 50 metros. Deverá ser realizada no mínimo uma verificação a cada 200 metros de pista.

7.3. Verificação do produto:

7.3.1. Material – Os resultados de todos os ensaios deverão atender às especificações, de acordo com a seção 5.1 e às especificações de materiais aplicáveis

7.3.2. Temperatura – Os resultados de todas as medições deverão situar-se no intervalo definido pela relação viscosidade x temperatura, conforme a seção 7.1.

7.4. Plano de amostragem – Controle Tecnológico

O número e a frequência de determinações da taxa de aplicação (T) do ligante serão estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

7.5. Condições de conformidade e não conformidade

As condições de conformidade e não conformidade da taxa de aplicação (T) serão analisadas, de acordo com os seguintes critérios:

No caso de obras de conservação, onde não houver extensão suficiente para coleta de ao menos 5 amostras, a avaliação deverá ser determinística. Neste caso, qualquer amostra obtida que não se apresentar em conformidade com os limites aqui definidos ocasionará a rejeição do segmento.

No caso da obtenção de 5 amostras ou mais, os dados deverão ser tratados estatisticamente, conforme disposto a seguir:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{Não Conformidade};$

$X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{Conformidade};$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações

Número N de amostras																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, de acordo com a norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das “Não-Conformidades” dos Insumos e do Produto. Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido. Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário será rejeitado.

8. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) a pintura de ligação será medida em metros quadrados, considerando a área efetivamente executada. Não serão motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais (exceto emulsão diluído), transporte do ligante dos tanques de estocagem até a pista, armazenamento e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;
- b) a quantidade de emulsão asfáltica aplicada é obtida pela média aritmética dos valores medidos na pista, em toneladas;
- c) não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;

- d) o transporte da emulsão asfáltica efetivamente aplicado será medido com base na distância entre o fornecedor e o canteiro de serviço;
- e) deverá ser descontada a água adicionada à emulsão na medição do ligante;
- f) nenhuma medição será processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade, contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

PINTURA DE LIGAÇÃO	ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	TAXA DE APLICAÇÃO	A cada 4.000 m ² , mínimo de 5 determinações	X - ks ≥ valor mínimo especificado + ks ≤ valor máximo de especificado X	Bandeja / Balança

Especificação Particular

ARTERIS ES 022 – MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO

1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação do microrrevestimento asfáltico a frio para selagem, impermeabilização, rejuvenescimento e conservação dos pavimentos. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação, rejeição e medição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 14746 - Determinação de perda por abrasão úmida (WTAT) - ISSA-TB N° 100;
- ABNT NBR 14757 - Determinação da adesividade de misturas - ISSA-TB N° 114;
- ABNT NBR 14841 - Determinação de excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina LWT - ISSA-TB N° 109;
- ABNT NBR-12052 - Equivalente de areia;
- ABNT NBR-14393 - Emulsão asfáltica - determinação da peneiração;
- ABNT NBR-6300 - Emulsão asfáltica - determinação da resistência à água (adesividade);
- ABNT NBR-6465 - Agregados - determinação da abrasão Los Angeles;
- ABNT NBR-6567 - Emulsão asfáltica - carga da partícula;
- ABNT NBR-6570 - Emulsão asfáltica - determinação da sedimentação;
- ABNT NBR-7809 - Agregados – determinação do índice de forma;
- ABNT-NBR-14950 - Emulsão asfáltica - determinação da Viscosidade Saybolt-Furol;
- ABNT-NBR-6560 - Materiais asfálticos – determinação de ponto de amolecimento;
- ABNT NBR-6576 - Material asfáltico - determinação da penetração;
- ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação.
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104;

- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27;
- ARTERIS T-30 - Granulometria com amostras utilizadas no ensaio Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30;
- ARTERIS T-329 - Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos modificados por polímero, pelo método de torção - NLT 329;
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330;
- ASTM – 965 - Determinação da Rugosidade Superficial pela Altura de Areia;
- ASTM D-244 - Seção 21 - Emulsão Asfáltica - ensaio de resíduo por evaporação;
- ASTM E-303 - Método padrão para medir as propriedades de atrito usando o aparelho pêndulo britânico;
- DNIT-ME 079/94 - Agregados - adesividade ao ligante asfáltico;
- DNIT-ME 384 - Estabilidade ao armazenamento de asfalto polímero;
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- ISSA-A 105 - Lama asfáltica (Slurry Seal);
- MANUAL ARTERIS MA-002 - Qualidade Assegurada e Diretrizes para uso do Micro Concreto a Frio - Manual ISSA;

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

3.1. Micro concreto a frio (microrrevestimento asfáltico):

Consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (fíler), emulsão asfáltica contendo polímero, água e aditivos, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. A massa deve ser capaz de ser espalhada em espessuras variáveis

da seção transversal (cunhas, trilhas de roda, camadas desgastadas ou irregulares) a qual, após a cura e inicial consolidação pelo tráfego, resiste a deformações em toda a superfície independente do teor de asfalto ou espessura.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. O micro concreto a frio pode ser empregado como camada de selagem, impermeabilização e rejuvenescimento ou como camada antiderrapante de pavimentos.
- 4.2. Só é permitido o espalhamento de micro concreto a frio quando a temperatura estiver acima de 10°C, e subindo.
- 4.3. Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.4. Os parâmetros de qualidade estabelecidos nesta especificação são considerados como base para todo serviço executado nas rodovias administradas pela Arteris. De qualquer forma, devido às particularidades de cada rodovia, alterações em alguns dos parâmetros aqui descritos podem constar no termo de referência específico para cada contratação.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes do micro concreto a frio são: agregado pétreo britado, material de enchimento (cimento ou cal hidratada CH-1 e/ou fibra), emulsão asfáltica com polímero, aditivos e água. Todos os constituintes devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

5.1.1. Ligante Betuminoso

O ligante betuminoso será emulsão asfáltica modificada com polímero, com ruptura controlada com aditivos. O fabricante da emulsão asfáltica deve certificar que ela contém um mínimo de 3% de polímero, baseado na massa de asfalto (residual). A emulsão, depois de ficar em repouso por um período de 24 horas deve apresentar cor marrom homogênea. A emulsão deve atender a especificação DNIT-EM 396 e a tabela abaixo.

EMULSÃO		
ENSAIO	MÉTODO	PARÂMETRO
Viscosidade SSF @ 25°C	ABNT NBR 14950	15-90 segundos

Peneiração	ABNT NBR 14393	Máximo 0,30%
Sedimentação, 5 dias	ABNT NBR 6570	Máximo 5%
Estabilidade à estocagem	DNIT ME 384	Máximo 1%
Resíduo na destilação	ASTM D-244 Seção 21	Mínimo 62%
CAP RESIDUAL		
ENSAIO	MÉTODO	PARÂMETRO
Penetração @ 25°C, 100g, 5s	ABNT NBR 6576	35 a 90
Ponto de Amolecimento	ABNT NBR 6560	Mínimo 60°C
Retorno Elástico por Torção	Arteris T-329	Mínimo 45%

Durante a execução dos ensaios de Penetração e retorno elástico o resíduo não deve expelir nenhum material, remanescente do emulsificante (cor marrom).

No caso de utilização de agregados miúdos com Valor de Azul de Metileno entre 4mg/g e 6mg/g, visando mitigar o impacto negativo da existência de partículas argilosas ativas nos agregados, devem ser utilizadas emulsões asfálticas especiais, formuladas com alterações em sua composição química (quantidade de emulsificante, água, aditivos), de forma a reduzir possíveis problemas de adesividade.

Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço. A especificação particular “ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação” apresenta as diretrizes para recebimento e controle de qualidade de ligantes asfálticos.

5.1.2. Aditivos

Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na execução do micro concreto a frio.

5.1.3. Água

Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais que possam romper a emulsão asfáltica antes do seu espalhamento. Será empregada na quantidade necessária a promover consistência adequada.

5.1.4. Agregados

Serão constituídos de rochas britadas.

Os agregados a serem usados devem ter seu uso comprovado com sucesso em obras de micro concreto.

Suas partículas individuais devem ser resistentes e angulosas, sem partículas acima do diâmetro máximo e livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (ABNT NBR-6465) no agregado antes da sua britagem.
- Durabilidade, perda inferior a 12% no sulfato de sódio (ARTERIS T-104);
- Equivalente de areia igual ou superior a 65% (ABMT NBR-12052).
- Valor de adsorção de azul de metileno em filer e finos de agregados inferiores a 4 mg/g (ARTERIS T-330). Poderão ser aceitos valores de até 6mg/g, desde que seja utilizada emulsão asfáltica especial, formulada com alterações em sua composição química (quantidade de emulsificante, água, aditivos), de forma a mitigar o impacto negativo da existência de partículas argilosas ativas nos agregados. A contratada deverá apresentar um projeto de dosagem que considere a utilização desta emulsão asfáltica especial, e a aprovação ficará a cargo do CDT.

5.1.5. Material de Enchimento

Deve ser constituído por cimento Portland ou cal hidratada tipo CH-1 e devem ser isentos de grumos. A quantidade, a ser determinada no projeto de mistura, deve ser, no mínimo, 1%.

Caso indicado no projeto da obra, será obrigatória a adição de fibras à mistura num teor variando entre 0,2% e 0,3%.

5.2. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

5.2.1. No mínimo, trinta dias antes do início dos serviços de micro concreto, a empresa contratada deve apresentar o projeto de mistura a ser utilizada na obra com todos os ensaios devidos, para aprovação. Os materiais entregues para verificação do projeto devem ser representativos dos que serão efetivamente utilizados na obra.

5.2.2. A dosagem do micro concreto betuminoso a frio deverá ser realizada em um laboratório capaz de executar todos os ensaios previstos nesta especificação, o qual deve ser aprovado. Os procedimentos são os recomendados pela ISSA - International Slurry Surfacing Association e os requisitos a serem obedecidos são os seguintes:

Parâmetro	Unidade	Limites	
		Mínimo	Máximo
ABNT NBR 14746 – Perda por abrasão úmida 1 hora de imersão	g/m ²	-	500
ABNT NBR 14746 – Perda por abrasão úmida 6 dias de imersão	g/m ²	-	810
ABNT NBR 14841 – Adesão de areia	g/m ²	-	540
ABNT NBR 14757 - Adesividade	%	90	-
ISSA-TB 139 – “Wet Cohesion” após 30 minutos	Kg/cm	12	-
ISSA-TB 139 – “Wet Cohesion” após 60 minutos	Kg-cm	20	-

5.2.3. O teor ótimo de emulsão e resíduo deve ser calculado em porcentagem sobre a mistura seca, isto é, considerando somente agregados.

5.2.4. Um ajuste de dosagem dos componentes do micro concreto a frio deverá ser feito nas condições de campo, antes do início do serviço (teste da panelinha).

5.2.5. A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método ARTERIS T 27.

As faixas são baseadas nas recomendadas pela ISSA e DNIT e estão detalhadas a seguir.

Peneira	mm	Faixa I DNIT		Faixa II DNIT		Faixa III DNIT		Faixa de trabalho
		Faixa II		Faixa III		Faixa IV		
		% Passante	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1/2"	12,7	100	100	100	100	100	100	± 5
3/8"	9,5	100	100	100	100	85	100	± 5
Nº4	4,8	94	100	70	90	60	87	± 5
Nº8	2,4	65	90	45	70	40	60	± 5
Nº16	1,2	45	70	28	50	28	45	± 5
Nº30	0,6	30	50	19	34	19	34	± 5
Nº50	0,3	18	30	12	25	14	25	± 4
Nº100	0,15	10	21	7	18	8	17	± 3
Nº200	0,074	5	15	5	15	4	8	± 2

Para aplicação em pista expressa, como camada de rolamento, deve ser utilizada a faixa III. Deve ser aplicada em duas camadas.

Como camada intermediária ou em acessos de baixa densidade de tráfego admite-se o uso da faixa II.

A faixa IV deve ser usada, como primeira camada, para preenchimento de depressões ou trilhas de rodas, recoberta por outra camada da faixa II ou III.

Não se admite que a curva granulométrica varie do lado superior para inferior da faixa entre 2 peneiras consecutivas.

5.3. EQUIPAMENTO

5.3.1. Equipamento de Limpeza

Para limpeza da superfície utilizam-se vassouras mecânicas, jatos de ar comprimido, jatos de água etc. A superfície da área onde se vai executar o serviço deve estar totalmente limpa, sem óleo, sem pó ou placas de matérias estranhas ao pavimento.

Onde constatada a existência de produtos químicos na superfície do pavimento, como resíduos de bagaço de cana, onde vai ser aplicada a camada de Micro concreto a frio, a mesma deve ser lavada com detergente apropriado. A execução do micro só deve ser iniciada após a secagem total da superfície do pavimento.

5.3.2. Equipamento de Mistura e de Espalhamento

Devem ser mobilizados, no mínimo, 2 conjuntos de 10 m³. O micro concreto a frio deve ser executado em equipamento apropriado que apresente as características mínimas seguintes:

- Silos para agregados com capacidade de, no mínimo, 10 m³.
- Depósitos separados para água, emulsão asfáltica e aditivos.
- Depósito para cimento/cal/fibras com alimentador automático.
- Sistema de circulação e alimentação do ligante betuminoso, interligado, por acoplamento direta ou não, com o sistema de alimentação do agregado miúdo, de modo a assegurar perfeito controle de traço; O equipamento deverá ter um sistema de controle do fluxo para parar automaticamente a alimentação caso falte qualquer um dos materiais previstos.
- Sistema misturador capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa diretamente sobre a pista, em operação contínua, sem segregação. O sistema de mistura não poderá reter a massa além de 3 segundos. Não se admitirá nenhum sistema de retenção da mistura dentro

do misturador. Caso tenha, deverá ser removido antes do início dos serviços. Todos os indicadores requeridos para controle da mistura devem estar em ordem e funcionando antes do início dos serviços.

- O equipamento deve ser equipado para dosar emulsão, água, agregado e aditivos por volume. Todas as partes móveis do equipamento devem estar protegidas com protetores de metal.
- O serviço não deve iniciar se não estiverem funcionando todos os sistemas de controle de fluxo e contadores de rotações e com os protetores de metal colocados. Todos os indicadores requeridos devem estar visíveis para uma pessoa que caminhe ao lado do equipamento.
- Os alimentadores de agregado devem estar conectados diretamente à bomba de emulsão. A correia alimentadora deve ser equipada com um contador de rotações com aproximação de um décimo de uma revolução.
- Caixa distribuidora - esta peça se apoia diretamente sobre o pavimento e é atrelada ao chassi. Deverá ser capaz de espalhar uma largura de faixa de tráfego, e deve ter tiras de borracha de cada lado da caixa para evitar perda lateral de material. Todas as caixas com largura acima de 2,40 m deve ter as rosas sem fim equipadas com motores reversíveis, chapas deflectoras para assegurar uma aplicação uniforme em toda a largura, mesmo em superelevações e acostamentos. Chapas devem ser montadas de maneira a garantir um deslizamento da caixa sem causar exsudação da mistura acabada. Deve possuir 2 lâminas na traseira da caixa. A primeira deve ser de aço ou uma borracha dura. A segunda, conectada à primeira, deve ser de material flexível. Estas lâminas devem ser montadas de maneira a permitir o seu contato com o pavimento e de poderem ser ajustadas às diferentes seções transversais para aplicar uma camada uniforme de micro concreto. Uma lâmina secundária colocada atrás deste conjunto duplo deve ser ajustável. Ela deve ser projetada e ajustada de maneira a garantir uma textura uniforme da superfície acabada.
- Lona ou outro tipo de tecido pode ser usada, atrás da caixa de espalhadora, com o objetivo de uniformizar a textura espalhada. Estas lâminas devem estar limpas ou trocadas diariamente para evitar problemas na distribuição da massa.
- Em casos especiais, a mistura pode ser executada na pista, manualmente. Neste processo a mistura é realizada em betoneiras, derramada diretamente sobre a pista e espalhada uniformemente por operários munidos de rodos e vassourões apropriados. O processo manual é, entretanto, falho e moroso, podendo ser adotado, apenas em áreas pequenas onde o acesso da usina não é possível.

5.3.3. Rolo

Deve ser utilizado o rolo de pneu na superfície pavimentada antes da liberação ao tráfego, de modo a acomodar a massa e evitar arrancamento de agregados e expulsar a água.

5.4. EXECUÇÃO

5.4.1. Preparação da superfície a ser pavimentada

Toda a superfície, antes da aplicação do micro concreto a frio, deve estar limpa, removido todo o material solto, de qualquer natureza. Pode se usar qualquer processo de limpeza. A superfície deve ser lavada com utilização de detergente adequado, esperar até que seque completamente antes da aplicação do micro concreto a frio. O fiscal de pista deverá aprovar a limpeza antes do início de execução do micro concreto a frio.

5.4.2. Aplicação do Micro concreto a frio

O micro concreto a frio deve possuir estabilidade suficiente para evitar que ocorra o rompimento da emulsão dentro da caixa de espalhamento.

A mistura deve ser homogênea durante e após o espalhamento, não aceitando manchas de segregação (separação do fino e emulsão do agregado graúdo) em toda a largura espalhada.

Deve estar livre do excesso de água e emulsão para evitar o seu escorramento.

Não é permitido a adição de água diretamente na caixa de espalhamento, quando espalhando a mistura na pista.

Não se deve executar o espalhamento se estiver chovendo ou existência de nuvens indicando possibilidade de chuva.

Antes de iniciar o espalhamento deve ser verificada a quantidade de água e aditivo necessária, usando os materiais já colocados na usina, para a consistência ótima da massa.

A mistura deve atender aos seguintes requisitos práticos na pista:

- Não escorrer emulsão fora da caixa de espalhamento.
- Não apresentar exsudação de finos na área pavimentada.
- Apresentar uma espessura final de, no mínimo, aquela definida no projeto da obra.

- A camada de rolamento deve ser executada em duas camadas. A camada intermediária pode ser executada em 1 camada, desde que previamente aprovada pela fiscalização.
- Apresentar coesão suficiente até 2 horas após o espalhamento para permitir a liberação ao tráfego sem desprendimento de agregado.
- A superposição máxima permitida, nas juntas longitudinais é de 7,5 cm. O espalhamento deve ser planejado de maneira a evitá-la.
- Nas juntas transversais deve ser colocado um plástico ou papel de maneira a evitar superposição de camadas. A mesa deve parar na área protegida, sendo o produto aí depositado retirado e removido da pista. Na partida, a caixa deve ser colocada na área protegida com papel ou plástico, sobre o micro concreto a frio já executado de maneira a evitar a superposição de camadas.
- Costelas ou depressões, riscos com mais de 1 cm de largura e 10 cm de comprimento são considerados defeitos e não serão aceitos. Devem também ser corrigidos.
- É obrigatória a rolagem da camada de micro concreto a frio por rolos de pneus antes da abertura dela ao tráfego da rodovia.
- Após a rolagem e antes da liberação ao tráfego o excesso de agregados soltos deve ser varrido.
- Após 24h da liberação ao tráfego será medido o desprendimento de agregado. O limite máximo aceitável é de 100 g/m².
- Todo o sistema de controle e medição de defeitos está detalhado no manual da ISSA, constante desta especificação, Qualidade assegurada e diretrizes para uso do micro concreto a frio.

5.4.3. Correção de Falhas

As possíveis falhas de execução, tais como, escassez ou excesso de massa, irregularidade na emenda de faixas etc., deverão ser corrigidas, imediatamente, após a execução. A escassez é corrigida com adição de massa e os excessos com a retirada por meio de rolos de madeira ou de borracha. Estas correções são consideradas exceções, em pontos localizados. Se sua ocorrência for constante, o serviço deve ser paralisado até a correção do problema no equipamento.

5.4.4. Desprendimento de agregados

Será de responsabilidade do aplicador, o desprendimento de agregados, com consequente quebra de para-brisas ou danificação de veículos que trafeguem no trecho executado, devendo a contratada indenizar os usuários da rodovia.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1. A preservação do meio ambiente nos serviços de micro concreto a frio envolve a obtenção e aplicação de agregado pétreo miúdo, areia, estoque e aplicação de material betuminoso.

Deve-se adotar os cuidados seguintes:

6.2. Vedada à instalação de depósitos de material betuminoso próximo a curso d'água.

6.3. Vedado também o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro causador de prejuízo ambiental.

6.4. Na desmobilização desta atividade, removidos os depósitos de ligante e efetuados a limpeza do canteiro de obras, recompõe-se a área afetada pelas atividades da construção.

7. INSPEÇÃO

7.1. CONTROLE DE MATERIAIS

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada pela ABNT ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

7.1.1. Emulsão Asfáltica Modificada Por Polímero

No certificado de todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra deve constar os seguintes ensaios:

7.1.1.1. Emulsões Asfálticas Modificadas Por Polímeros

Para todo o carregamento que chegar à obra:

- 01 ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (ABNT-NBR-14950);
- 01 ensaio de resíduo (ASTM D-244 – seção 21);
- 01 ensaio de peneiramento (ABNT NBR-14393);

- 01 ensaio de sedimentação (ABNT NBR-6570);

7.1.1.2. Cimento Asfáltico Residual Modificado Por Polímero.

Para todo carregamento que chegar à obra:

- 01 ensaio de penetração a 25°C (ANBT NBR-6576);
- 01 ensaio de ponto de amolecimento (ABNT NBR- 6560);
- 01 ensaio de recuperação elástica a 25°C (ARTERIS 329);
- 01 ensaio de estabilidade ao armazenamento (DNIT-ME 384).

A CONTRATANTE se reserva o direito de só permitir a aplicação da emulsão após sua liberação pelo Laboratório da CONTRATANTE, com base nos resultados dos ensaios.

7.1.2. Agregados

- 01 ensaio de azul de metileno por pilha de agregado (ARTERIS T-330);
- 01 equivalente de areia por pilha de agregado (ABNT NBR-12052);
- 01 ensaio de granulometria do agregado para jornada de 8 horas de trabalho (ARTERIS T-27) com amostras coletadas de uma maneira aleatória (liberação da pilha);
- 01 ensaio de adesividade, no início dos serviços (projeto) e sempre que houver variação da natureza do material (DNIT-ME 078);
- 01 ensaio de desgaste Los Angeles no início dos serviços (projeto) ou quando houver variação da natureza do material (ABNT NBR-6465);

7.2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

7.2.1. Verificação do Equipamento

Cada equipamento empregado na aplicação do micro concreto a frio deve ser calibrado, no início do serviço. Deve ser executado um segmento experimental com extensão mínima de 200 m. Caso este segmento não atenda às diretrizes contidas nesta especificação, devem ser realizados novos segmentos até que esteja conforme com as especificações.

As verificações a serem efetuadas são as seguintes:

- consistência da mistura espalhada;
- atendimento do projeto da mistura conforme os itens seguintes, 7.2.2 e 7.2.3;
- quantidade e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado.
- Desprendimento de agregado dentro dos limites especificados.

Se ao final destas três verificações em segmentos experimentais os resultados esperados não forem alcançados, deve ser revisto todo o processo de calibração do equipamento. Todo o procedimento de calibração deve ser acompanhado por um REPRESENTANTE DA CONTRATANTE, e aprovado antes do início dos serviços.

7.2.2. Controle de Quantidade do Ligante Betuminoso

A quantidade de ligante betuminoso deverá ser determinada através da retirada de amostras aleatórias em cada segmento de aplicação, fazendo-se a extração de betume com o forno mufla.

Deverão ser coletadas amostras para realização de no mínimo 2 ensaios de teor de CAP residual por dia e por frente de trabalho, conforme procedimento a seguir:

- a) Utilizando uma concha limpa, cuidadosamente tomar uma amostra da mistura asfáltica diretamente na saída do pugmill para a caixa de espalhamento, e inserir imediatamente a amostra em um recipiente de amostra.

Nota: A amostra deve ser representativa da mistura asfáltica proveniente do pugmill. Se a amostra não se apresenta homogênea ou não possui a mesma aparência da mistura asfáltica proveniente do pugmill, a amostra deve ser descartada e deve ser obtida uma nova amostra.

- b) Coloque o recipiente de amostra em uma superfície plana e nivelada, e deixe com a tampa aberta até que a mistura tenha rompido. Posteriormente, sele o recipiente com a tampa.

A quantidade de ligante betuminoso aferida pela mufla deverá ser corrigida, aplicando-se o fator de correção determinado na mistura de projeto. A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$ da fixada no projeto.

7.2.3. Controle da Granulometria da Mistura de Agregados

O controle de granulometria da mistura de agregados deverá ser feito através da análise granulométrica das misturas de agregados provenientes dos ensaios de extração descritos acima, de

acordo com o procedimento ARTERIS T-30. As tolerâncias são as definidas no projeto. A *granulometria deve ser feita por via úmida, isto é, lavada.*

7.2.4. Frequência das determinações

O número de determinações utilizadas para controle nos ensaios de quantidade do ligante betuminoso e granulometria do micro concreto a frio deve ser, no mínimo, 1 conjunto de ensaios a cada 4 horas. Caso haja dúvidas quanto à qualidade da massa este número deve ser aumentado.

7.2.5. Controle da espessura final acabada

A espessura final acabada será calculada pelo seguinte processo: escolhidos aleatoriamente 30 pontos na superfície executada, com extensão mínima de 500 m e máxima de 1000, se procederá à cravação de um prego 17x21, sem ponta, de comprimento determinado, nas trilhas de roda após a liberação ao tráfego por, no mínimo, 2 dias. Determinado por diferença a espessura do micro em cada ponto, se calculará a espessura média do segmento analisado. A média encontrada deverá ser igual ou maior que a espessura especificada no projeto. Caso a média seja inferior à de projeto uma nova camada deverá ser espalhada no segmento.

7.2.6. Controle do desprendimento de agregado

Após 24h da liberação ao tráfego deverá ser medido o desprendimento de agregados. Para panos com até 500 metros de extensão, deverão ser realizadas duas determinações. Para panos com extensão superior a 500 metros, realizar uma determinação adicional a cada 500 metros. O limite máximo aceitável de desprendimento de agregados é de 100 g/m².

7.3. VERIFICAÇÃO FINAL DA QUALIDADE

7.3.1. Acabamento da Superfície

A superfície acabada é verificada visualmente deve se apresentar uniforme (sem segregações grossas ou finas) e desempenada (sem “costelas”). A avaliação deve ser feita de acordo com o previsto no MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA) - Qualidade assegurada e diretrizes para uso do micro concreto a frio, que faz parte desta especificação.

7.3.2. Alinhamentos

A verificação dos alinhamentos do eixo e bordos nas diversas seções correspondentes às estacas da locação é feita a trena. Os desvios verificados não deverão exceder $\pm 5\text{cm}$.

7.3.3. Condições de Segurança

Para verificação da macrotextura do revestimento deve ser feito o ensaio de mancha de areia. A espessura de areia no ensaio de mancha de areia deve estar entre 0,6 e 1,2 mm de altura.

No ensaio de atrito com o grip-tester o valor da resistência medida deve ser sempre superior a 0,42. Os segmentos com valores abaixo do limite fixado nesta especificação devem ser corrigidos imediatamente.

Outros equipamentos de medição de atrito podem ser usados, desde que previamente aceitos pela CONTRATANTE, e seus parâmetros de controle definidos previamente.

7.3.4. Condições de Conforto

Na medição de irregularidade (IRI) deve ser usado o sistema a laser, não sendo aceitos equipamentos do tipo resposta. Os valores encontrados após a aplicação do microrrevestimento asfáltico nunca poderão ser superiores aos medidos antes de sua aplicação nem superiores 1,90m/km. Caso os valores medidos ultrapassem os limites recomendados a camada executada deverá ser corrigida.

7.4. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

7.4.1. Os ensaios de materiais indicados em 7.1 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.

7.4.2. Para o controle da quantidade de ligante betuminoso e granulometria da mistura do microrrevestimento deve atender as faixas especificadas de valores máximos e mínimos.

7.4.3. Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, ou refeitos.

8. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1. O microrrevestimento a frio será medido na pista através da área executada, em metros quadrados, incluindo todas as operações e encargos para a execução destes serviços, inclusive o fornecimento, armazenamento e transporte do ligante betuminoso bem como a produção e o transporte de agregados.

8.2. Caso a espessura especificada não seja atendida, a empresa contratada deve espalhar uma nova camada de maneira a consegui-lo.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

	ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/ MÉTODO DE ENSAIO
AGREGADOS	ESTUDO DA DOSAGEM DO MICRO A FRIO	30 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-022	ISSA-A 105
	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 40%	ABNT NBR-6465
	DURABILIDADE	Na dosagem ou material mudar	<12%	ARTERIS T-104
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	Na dosagem ou material mudar	Satisfatório	DNIT-ME 078
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA DE AGREGADOS	1 ensaio por pilha do depósito	≥ 65%	ABNT NBR-12052
	AZUL DE METILENO	1 ensaio por pilha do depósito	< 4 mg/g	ARTERIS T-330
EMULSÃO COM ASFALTO	GRANULOMETRIA AGREGADOS	1 ensaio por dia (8 horas)	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	ENSAIOS NA EMULSÃO (EM TODO CARREGAMENTO)	Viscosidade Saybolt-Furol	15 a 90 segundos	ABNT-NBR-14950
		Resíduo	> 62%	ASTM D-244 - seção 21
		Peneiramento	< 0,30%	ABNT NBR-14393
		Sedimentação	< 5%	ABNT NBR-6570
	ENSAIOS NO CAP RESIDUAL (EM TODO CARREGAMENTO)	Estabilidade ao armazenamento	< 1%	DNIT-ME 384
		Ponto de amolecimento	> 60 °C	ABNT NBR-6560
		Penetração a 25°C	35 a 90	ANBT NBR-6576
USINA	VERIFICAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	Recuperação elástica	> 45 %	ARTERIS 329
		Não deve expelir nenhum material remanescente do emulsificante (cor marrom).		
		Consistência da mistura espalhada;		
		Atendimento do projeto da mistura		
PISTA	PORCENTAGEM DE CAP	Quantidade e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado		
		Desprendimento de agregado dentro dos limites especificados		
		2 ensaios por dia e por frente de trabalho	Teor ótimo de Projeto ± 0,3 %	ARTERIS T-308-10
	GRANULOMETRIA DA MASSA	2 ensaios por dia e por frente de trabalho	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS T-30
	ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE	Em todo segmento executado	Atender	MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA)

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/ MÉTODO DE ENSAIO
TOPOGRAFIA	DESPRENDIMENTO DE AGREGADOS	Em todo segmento executado (APÓS 24 h DE TRÁFEGO)	< 100g/m ²	VARRER E PESAR 1 METRO LINEAR DE PISTA (ACOSTAMENTO) E DIVIDIR PELA LARGURA DA FAIXA
	MACRO TEXTURA	Em todo segmento executado	HS de 0,6 a 1,2 cm	ASTM – 965
	GRIP TESTER	Em todo segmento executado	> 0,42	
	IRREGULARIDADE (IRI)	Em todo segmento executado	IRI ≤ 1,90	Laser
	ALINHAMENTO DO EIXO e BORDOS	Em todo segmento executado	± 5cm	MANUAL ARTERIS MA-002 (ISSA)
	ESPESSURA	CRAVAÇÃO DE PREGO 17x21 APÓS 2 DIAS DE TRÁFEGO	± 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 500 a 1000 m por faixa. Em pontos isolados ± 10%	SEM PONTA e COMPRIMENTO CONHECIDO

Especificação Particular

ARTERIS ES 023 – BICA CORRIDA

1. RESUMO

Esta especificação particular define os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e travamento nas rodovias do grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.
- ABNT-NM 51 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.

Os documentos relacionados serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Bica corrida é a camada de sub-base ou travamento composta por produtos resultantes de britagem primária de rocha sã, que em uma condição granulométrica mínima assegura estabilidade à camada, quando executada através das operações de espalhamento, homogeneização, umedecimento e compactação.

4. MATERIAL

4.1. AGREGADO

A camada de sub-base ou base de bica corrida deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

- os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;
- desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR NM 51, inferior a 55%;
- equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052, superior a 55%;
- Índice de forma deverá ser igual ou inferior a 20% (ARTERIS D-4791).

4.1.1. GRANULOMETRIA

A granulometria da bica corrida determinada conforme ARTERIS T 27 deve atender aos seguintes requisitos:

- a curva granulométrica de projeto bica corrida deve enquadrar-se em uma das faixas granulométricas especificadas na Tabela 1;
- a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém sempre respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;
- quando ensaiada de acordo conforme DNIT ME-049, na energia modificada, deve apresentar CBR igual ou superior a 100% e expansão igual ou inferior a 0,5%
- a porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

Tabela 1 – Faixas Granulométricas

Peneira de Malha Quadrada	% em Massa, Passando			
ASTM	mm	A	B	Tolerância
3"	76,2	100	100	
2 1/2"	63,5	90-100	-	±7
2"	50,0		90-100	±7
1"	25,0	65-90	70-100	±7
Nº4	4,8	35-70	-	±5
Nº10	2,0	-	25-55	±5
Nº200	0,075	0-20	0-10	±2

5. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

Os equipamentos básicos para a execução da sub-base ou base de bica corrida compreende as seguintes unidades:

- pá-carregadeira;
- caminhões basculantes;
- caminhão tanque irrigador de água;
- motoniveladora com escarificador;
- vibroacabadora;
- rolos compactadores do tipo liso vibratório, uso eventual;
- rolos compactadores pneumáticos de pressão regulável;
- compactadores portáteis, sejam manuais ou mecânicos;
- duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,0 m de comprimento;

- ferramentas manuais diversas.

6. EXECUÇÃO

6.1. Mistura

Os agregados deverão apresentar homogeneidade granulométrica.

Para utilização da bica corrida como travamento de macadame ou rachão, o material deve estar seco afim de evitar embuchamento por umidade.

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada.

Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

6.2. Transporte

A bica corrida a ser transportada, deve ser protegida por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte até o local de espalhamento.

6.3. Espalhamento

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento será executada por acabadora ou motoniveladora quando permitido pela fiscalização, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem segregação, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A conformação suplementar, se necessária, deve ser feita com motoniveladora, tomando-se os cuidados necessários para evitar segregação de finos/grauados.

A operação de espalhamento com motoniveladora é permitida em serviços com volumes inferiores a 50m³.

A largura de cada “pano” não deve permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas do pavimento.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

6.4. Compactação

Após terminada a operação de espalhamento, a brita graduada simples deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de no máximo +1 ou no mínimo -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão, no mínimo, 30 cm da largura da faixa anteriormente compactada.

6.5. Liberação do Topografia

Após o término da compactação a topografia deve liberar a camada de acordo com as cotas determinada em projeto.

6.6. Liberação do Laboratório

Após a liberação da topografia, o laboratório deve realizar o controle tecnológico da camada.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 5.2.1.

A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2.

7.1. Materiais

7.1.1. Agregados

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT-NM 51) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada simples.
- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT-NBR 12052) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada simples.

7.2. Mistura

- Um ensaio de análise granulométrica (AASHTO T-27) a cada 4 horas de produção da usina.
- Um ensaio de Índice Suporte Califórnia (DNER ME-049 – 56 golpes), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura, ou uma vez por semana.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER ME-092) a cada 100m de faixa, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo. Este ensaio também servirá para medir a espessura da camada executada.
- Para trechos de imprimação de extensão limitada com área de no máximo 4.000 m², deverão ser feitas 5 determinações de T, no mínimo, para controle.
- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER ME-024) ou pelo FWD a cada 20m de faixa. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico serão tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento. O lote, para o controle estatístico, a ser adotado pode ser por tempo ou extensão. Por exemplo, uma semana de trabalho ou 1 km de pista.

8. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras												k = coeficiente multiplicador						

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGE	DOSAGEM DA MISTURA DE BGS	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-008	PROJETO: - CBR > 80% na Energia Modificada - DNIT ME-049
AGREGAD	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 55 %	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	≤ 20%	ARTERIS D-4791

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
USINA / PISTA	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÊCA	1 Na dosagem ou material mudar	> 55%	ABNT NBR-12052
	GRANULOMETRIA DA MISTURA	a cada 4 horas	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	UMIDADE HIGROSCÓPICA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	Para correção da Hót	"método expedito da frigideira"
	ÍNDICE DE SUPORTE (CBR)	Na dosagem ou material mudar	>80% na Energia Modificada Fornece também Dens. Max Seca e Hót.	DNIT ME-049
	TEOR DE UMIDADE DA MISTURA	a cada 4 horas	Hót de Projeto $\pm 1,0\%$	DNIT ME-092
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de faixa	> 100% Energia Modificada (56 golpes)	DNIT ME-092
TOPOGRAFIA	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	a cada 20 metros de pista	Projeto	DNIT ME-024
	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	> 95% do Projeto	DNIT ME-092

Especificação Particular

ARTERIS ES 024 – SELAGEM DE TRINCAS A FRIO

1. RESUMO

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de selagem de trincas à frio para pavimentos asfálticos. São apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, condições de conformidade e não conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento.
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração.
- ARTERIS T-329 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção - NLT 329.
- ABNT-NBR 14950 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade “Saybolt-Furol”.

3. DEFINIÇÃO

A técnica de selagem de trincas à frio para pavimentos asfálticos consiste na aplicação de uma película de emulsão asfáltica modificada por polímero sobre trincas inativas e sem desagregação de materiais. A selagem de trincas evita a maior deterioração do pavimento e, quando executada corretamente, pode estender a vida útil do pavimento de 6 meses a 2 anos.

Considerando que a selagem de trincas é uma técnica de manutenção preventiva, que não adiciona capacidade estrutural ao pavimento, trincas do tipo “couro de jacaré” não devem ser submetidas a este procedimento, tendo em vista que já indicam falha estrutural, e a selagem de trincas não estenderá o ciclo de vida da estrutura.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. A selagem de trincas com emulsão asfáltica modificada por polímero poderá ser realizada em trincas inativas com abertura de até 1/4" (6,35mm). Trincas inativas com abertura superior à 1/4" (6,35mm) e inferior a 1/2" (12,7mm) necessitarão de preenchimento prévio com uma mistura de filer e emulsão modificada por polímero para posterior realização de sua selagem. Para trincas ativas, com movimentação superior a 1/10" (2,54mm), recomenda-se realizar um corte de aproximadamente 1 centímetro de profundidade por 1 centímetro de largura ao longo de seu comprimento para posterior realização da selagem à quente.
- 4.2. A emulsão asfáltica não deve ser distribuída quando a temperatura do pavimento for inferior a 5°C e se a temperatura ambiente for menor que 10°C e estiver caindo, bem como em dias de chuva, ou quando a superfície a ser tratada se apresentar suja, com materiais soltos, ou com presença de umidade. As medidas de temperatura devem ser tomadas à sombra e longe de qualquer fonte de calor artificial.
- 4.3. Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.
- 4.4. É responsabilidade da Contratada a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

- 5.1.1. Para efetuar a selagem da trinca à frio, deve-se utilizar emulsão asfáltica de ruptura rápida modificada por polímero. Em regiões com predominância de clima quente, caso se observe que a emulsão asfáltica está rompendo muito rapidamente, impossibilitando a adequada infiltração do material nas trincas, pode-se utilizar emulsão de ruptura média, desde que aprovado pela fiscalização. O material deve estar em conformidade com os requisitos descritos na tabela abaixo.

ENSAIO	MÉTODO	LIMITES	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Ensaios sobre a emulsão			
Viscosidade Saybolt Furol, 25°C, s	NBR-14491	10	150
Sedimentação, 5 dias, % peso	NBR-6570	-	5
Peneiração, retido, 0,84mm, % peso	NBR-14393	-	0,15
Carga de partícula	NBR-6567	Positiva	-
Resíduo Seco, % Peso	NBR-14896	62,0	-
Ensaios sobre o resíduo			
Penetração, 100g, 5s, 25°C, 0,1mm	NBR-6567	25	75
Ponto de amolecimento, °C	NBR-6560	70	-
Recuperação Elástica, Ductilômetro, 10m, 25°C	NBR-15086	85	-

Todo material que será utilizado deve ser previamente aprovado pela fiscalização da Arteris.

5.2. Equipamentos

Para realização da distribuição da emulsão asfáltica, deverá ser empregado um equipamento com sistema de pressurização para fornecer um fluxo ininterrupto de material da mangueira até a haste. Pode ser utilizado um pulverizador costal, sem a presença de bicos aspersores, ou outros equipamentos similares.



A realização da limpeza adequada do recipiente é fundamental para que não ocorram problemas de entupimento durante a aplicação do material. Não será admitida a diluição do produto em solventes para facilitar o seu escoamento.

5.3. Execução

5.3.1. Preparação da superfície

A superfície a ser selada deverá estar limpa, seca e livre de fragmentos que não estejam firmemente aderidos a borda da trinca. A limpeza das trincas é uma etapa fundamental para a realização da selagem, uma vez que a maioria das falhas ocorrem como resultado da perda de adesão entre a emulsão asfáltica e o pavimento.

Se faz necessário efetuar a limpeza enérgica da trinca, através da aplicação de uma pressão de ar comprimido (mínima de 7kgf/cm^2), e se for necessário, deve-se também realizar uma escovação mecânica para remover as bordas da trinca que não se encontrem firmemente aderidas.

As trincas devem ser limpas a uma profundidade de pelo menos 2 vezes a sua largura, e a largura a ser considerada na limpeza deverá ultrapassar em no mínimo 2 cm a largura de selagem.

5.3.2. Aplicação da emulsão asfáltica

A aplicação da emulsão asfáltica deve ocorrer imediatamente após a limpeza das trincas.

A emulsão deve ser aplicada na parte interna das trincas. Para isso, deve-se executar uma distribuição superficial homogênea da emulsão asfáltica, em quantidade suficiente para que garantir a penetração na trinca.

A largura de distribuição é variável de acordo com cada tipo de trinca (quanto a sua largura, linearidade e atividade), usualmente variando entre 75mm e 125mm. A trinca deve estar situada numa região média da largura de distribuição. Deve-se evitar a interrupção da distribuição do material em cada trinca tratada, assegurando sempre que o fluxo de material seja constante.

De forma a se garantir um bom aspecto superficial da selagem (bom acabamento), deve ser utilizado um rodo, conforme ilustrado na figura abaixo, para auxiliar no espalhamento da emulsão asfáltica.



A abertura ao tráfego deve ser realizada apenas após a ruptura total da emulsão.

6. INSPEÇÕES

6.1. Controle dos insumos:

O fornecedor do produto de selagem deve entregar junto ao produto o certificado de qualidade, no qual conste as prescrições exigidas nesta norma.

O material utilizado na execução da selagem de trinca deve ser rotineiramente examinado, mediante a execução dos procedimentos descritos nas normativas constantes nesta especificação.

O ligante deverá ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pela Arteris e satisfazer as especificações em vigor.

6.2. Controle do produto aplicado:

Uma vez aplicado o produto de selagem, deve ser comprovado que este não apresente defeitos que possam comprometer a efetividade da selagem, tais como:

- Escorrimento ou degradação do produto de selagem em parte ou na sua totalidade;
- Presença de bolhas de ar no produto selado;
- Descolamento do produto selado da superfície adjacente a da trinca.

Caso ocorra alguns dos problemas acima, o material deve ser rejeitado e o fabricante deve ter o fornecimento suspenso.

7. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Termo de Referência ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) a selagem será medida em metro linear, considerando o comprimento executado.
- b) Não será motivo de medição em separado: mão-de-obra, materiais, transporte do ligante dos tanques de estocagem até a pista, armazenamento e encargos, devendo estes serem incluídos na composição do preço unitário.

Especificação Particular

ARTERIS ES 025 – MACADAME BETUMINOSO TRAÇADO

1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação do Macadame Betuminoso Traçado (MBT) para execução e reconstrução de camadas de sub-base e base em pavimentos flexíveis nas Rodovias do grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ARTERIS CA 027-REV 14 – Concreto Asfáltico Usinado a Quente
- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração
- ABNT-NBR 14950 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade “Saybolt-Furol”
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO).
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85
- ARTERIS T-330 Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metíleno - AASHTO T-330.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia
- ARTERIS T-335 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO T-335-09
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304

- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104
- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30.
- ARTERIS T 003 - Resistência a tração por compressão diametral de misturas asfálticas compactadas.
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209
- ARTERIS T-164 - Determinação da Percentagem de Ligante Asfáltico em Misturas Asfálticas a Quente - AASHTO T-164
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida -AASHTO T-283
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS

- DNIT 031-ES - Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço
- ANP R-19/2005 - Cimentos Asfálticos de Petróleo-Classificação por Penetração
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente.
- ARTERIS ET-35 - Projeto Volumétrico Superpave para Misturas Asfálticas a Quente – AASHTO R-35
- ARTERIS ET-323 - Projeto Volumétrico Superpave de Mistura – AASHTO M-323
- ARTERIS ME-024 – Determinação das deflexões recuperáveis pela Viga Benkelman

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

4. DEFINIÇÃO

Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução do macadame betuminoso traçado utilizando ligante asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (fíler) e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços.

5. MATERIAL

5.1. CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE

O concreto asfáltico usinado a quente do tipo SPV 12,5mm deve ser usinado com 1% de CAP (30-45) acima do teor ótimo (aproximadamente 5,8%) e deve atender todos os demais parâmetros estabelecidos conforme Especificação de Serviço Arteris **CA-027**.

5.2. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada (brita “3” com diâmetro máximo de 75mm), devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos, livres de excessos de partículas lamelares ou alongadas e de outras substâncias prejudiciais, e deverá estar seca.

Deve atender a seguinte especificação:

- Durabilidade ao sulfato de sódio: perda máxima de 12%.
- Desgaste no ensaio Los Angeles inferior a 55%.
- Granulometria conforme tabela 1

GRANULOMETRIA BRITA 3" – TABELA 1		
PENEIRAS		% PASSANTE (%)
POL	mm	
3"	75,0	100
2 1/2"	63,0	75 – 80
2"	50,0	30 – 35

1 1/2"	37,5	0 – 5
#4	4,75	0 – 0,2
#200	0,074	0 – 0,1

6. EQUIPAMENTO

São indicados os seguintes equipamentos:

- Máquina Fresadora.
- Escavadeira.
- Retroescavadeira.
- Pá Carregadeira.
- Motoniveladora.
- Rolo Compactador do tipo vibratório corrugado.
- Rolo Compactador vibratório liso.
- Caminhão basculante.

7. EXECUÇÃO

7.1. DOSAGEM EM VOLUME

A dosagem deve ser realizada em volume na proporção de 70% de agregado graúdo conforme item 5.2 e 30% de mistura SPV 12,5 conforme item 5.1.

7.2. CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura deve ser confeccionada no pátio da usina de asfalto.

O agregado graúdo deve ser previamente depositado próximo ao local onde será realizada a dosagem.



Figura1- Depósito agregado graúdo



Figura 2 – Massa SPV 12,5 mm

A superfície onde será realizada a mistura do agregado graúdo e a massa SPV 12,5 deve ser pavimentada com concreto asfáltico ou concreto. Antes do início dos trabalhos, o local deve estar seco, limpo e varrido e sem nenhum tipo de material que possa contaminar a mistura.

A mistura será realizada em 3 camadas superpostas (7 conchadas de brita 3, e 3 conchadas de SPV 12,5mm) conforme segue:

- Uma primeira camada deve ser composta por 3 conchadas de agregado graúdo, seguida de 1 com massa SPV 12,5 e misturadas.
- A camada intermediária deve ser composta por 2 conchadas de agregado graúdo e 1 uma de massa SPV 12,5 espalhada sobre a camada anterior e misturadas com a já espalhada.
- A camada superior deve ser composta por 2 conchadas de agregado graúdo e 1 uma de massa SPV 12,5 espalhadas sobre as camadas anteriores e então devem ser misturadas até a sua completa homogeneização.



Figura 3 – Dosagem em volume



Figura 4 – Espalhamento do SPV 12,5 mm

A mistura da pedra 3 com a massa SPV 12,5 mm (5,8% de CAP), conforme indicado anteriormente, deve ser feita utilizando duas pás carregadeiras trabalhando frente a frente, uma de cada lado da camada, no sentido longitudinal.

Estas pás carregadeiras devem revolver a camada do material espalhado até que a mistura fique homogênea (quando visualmente a pedra 3 ficar envolvida pela massa SPV 12,5 (5,8% de CAP) sem apresentar manchas ou material segregado e a superfície da pedra 3 estiver envolvida com o CAP. A temperatura ao final da mistura, deve estar em torno de 130 graus Célsius.



Figura 5 – Homogeneização da mistura

Imediatamente após a homogeneização, o MBT deve ser carregado nos caminhões basculantes, enlonado, e transportado para o local de aplicação. O MBT deve chegar ao local de aplicação com uma temperatura de aproximadamente 90 graus Celsius.

7.3. EXECUÇÃO

Para garantir a eficiência dos equipamentos compactadores, essa camada deve ter no mínimo de 40 metros de extensão. O local onde será aplicado o MBT deve ser previamente fresado, compreendendo a fresagem do revestimento asfáltico, da base e da sub-base / subleito existentes até atingir a espessura definida em projeto (aproximadamente 50 cm no fundo de caixa).



Figura 6 – Fresagem da base / sub-base

Posteriormente a fresagem, a sub-base / subleito deve ser regularizada e selada com o rolo compactador vibratório liso.



Figura 7 – Selando o subleito

A execução do MBT deverá ser realizada em duas camadas compactadas de 20 cm da seguinte maneira:

7.3.1. 1^a camada compactada de 20 cm de espessura:

7.3.1.1. Distribuição da mistura

A descarga do MBT deve ser realizada na caixa em ponta de aterro, com temperatura de aproximadamente 90 graus Celsius.

O material descarregado deve ser espalhado com o auxílio de uma retroescavadeira e motoniveladora dentro da caixa, sem segregação e transbordamento do material nas faixas colidentes. A seguir a mistura deverá ser regularizada com uma motoniveladora em camada de 25 a 27 cm (espessura compactada + empolamento).



Figura 8 – Espalhamento do MBT



Figura 9 – Nivelamento da camada

7.3.1.2. Compactação:

A compactação da primeira camada deve ser realizada com a aplicação de 8 fechadas do Rolo compactador vibratório pata curta (utilizar 2 Rolos compactadores vibratórios de aprox. 12 ton. para realizar o processo de compactação rapidamente com temperatura adequada). A temperatura final da mistura após o processo de compactação deverá ficar em torno de 50 graus Celsius.



Figura 10 – Compactação da 1 camada

7.3.2. 2^a camada compactada de 20 cm de espessura:

7.3.2.1. Distribuição da mistura

A descarga do MBT deve ser realizada na caixa em ponta de aterro, com temperatura de aproximadamente 90 graus Celsius.

O material descarregado deve ser espalhado com o auxílio de uma retroescavadeira puxando o material para dentro da caixa para evitar perda de temperatura, segregação e transbordamento do material nas faixas adjacentes. A seguir a mistura deverá ser regularizada com uma motoniveladora em camada de 25 a 27 cm (espessura compactada + empolamento). O acabamento deve ser realizado garantindo o desempenamento e espessura para camada subjacente.

7.3.3. Regularização:

A regularização da superfície do MBT deve ser realizada com Motoniveladora (Greidista corre a linha e Motoniveladora “corta”). O material excedente deverá ser removido utilizando-se uma retroescavadeira.

7.3.4. Compactação:

A compactação da segunda camada será realizada com a aplicação de 8 fechas do Rolo compactador vibratório pata curta (utilizar 2 Rolos compactadores vibratórios de aprox. 12 ton. para realizar o processo de compactação rapidamente com temperatura adequada). A temperatura final da mistura após o processo de compactação deverá ficar em torno de 50 graus Celsius.

7.3.5. Conformação da superfície e acabamento superficial:

A realização da conformação da superfície e o acabamento superficial deve ser realizado com a aplicação de 5 fechadas, utilizando um Rolo compactador vibratório liso.



Figura 11 – Conformação da superfície

7.3.6. Aplicação de pintura de ligação.

Camada selante com 0,6 l/m² de resíduo com o objetivo de impermeabilizar.



Figura 12 – MBT imprimado

Especificação Particular

ARTERIS ES 027 – CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de Concreto Asfáltico (CA) para execução de camadas de enchimento (binder), reperfilagem ou revestimento (rolamento) em pavimentos flexíveis nas Rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia;
- ABNT-NBR 15086 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero;
- ABNT-NBR 15184 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade rotacional;
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles;
- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento;
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração;
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791;
- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30;
- ARTERIS T 003 - Resistência a tração por compressão diametal de misturas asfálticas compactadas;
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO);
- ARTERIS T-100 - Determinação da Densidade de Pavimentos Asfálticos com o Densímetro Elétrico
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104;
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11;

- ARTERIS T-166 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca - AASHTO T 166;
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209;
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269;
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27;
- ARTERIS T-275 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras impermeabilizadas com parafina - AASHTO T 275;
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida -AASHTO T-283;
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30;
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304;
- ARTERIS T-329 – Recuperação Elástica por torção – Espanhola;
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330;
- ARTERIS T-335 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO T-335-09;
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84;
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85;
- ASTM E965 - Determinação da Rugosidade Superficial pela Altura de Areia.
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;

3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS

- ABNT-NBR 14594 - Emulsões Asfálticas Catiônicas;
- ANP R-19/2005 - Cimentos Asfálticos de Petróleo-Classificação por Penetração;
- ANP R-32/2010 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS;

- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus;
- ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação.
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente
- ARTERIS ET-323 - Projeto Volumétrico Superpave de Mistura – AASHTO M-323;
- ARTERIS ET-35 - Projeto Volumétrico Superpave para Misturas Asfálticas a Quente – AASHTO R-35;
- ARTERIS ME-024 – Determinação das deflexões recuperáveis pela Viga Benkelman;
- DNIT 031-ES - Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço;

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

4. DEFINIÇÃO

Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução de camadas asfálticas de pavimento produzidas em usina apropriada e com a utilização de ligante asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (fíler) e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços. Inclui todas as camadas betuminosas da estrutura do pavimento.

5. MATERIAL

5.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O tipo de ligante asfáltico será definido no projeto de pavimento e poderá ser um dos seguintes tipos:

- Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) do tipo 30-45, e deve atender aos parâmetros fixados pela Resolução Nº 19/2005 da ANP. Este ligante não deverá ser utilizado em misturas descontínuas.
- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS), e deve atender aos parâmetros fixados pela Resolução Nº 32/2010 da ANP. No caso da utilização de camada de

reperfilagem como tratamento anti-reflexão de trincas, deverão ser utilizados CAPs modificados ou altamente modificados (classificação 65/90).

- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR), e deve atender aos parâmetros fixados pela Resolução Nº 39/2008 da ANP, onde a Recuperação Elástica deve ser $\geq 50\%$ para CAP do tipo AB8 e $\geq 55\%$ para CAP do tipo AB22, quando ensaiado pelo ductilômetro.

Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve, além de apresentar certificado de análise do fornecedor do produto com os resultados dos ensaios especificados, ser avaliado de acordo com as exigências da especificação *ARTERIS EM 200 – Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação*. O certificado dos ensaios realizados deve ser enviado ao laboratório da Concessionária.

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios para conferir a confiabilidade dos resultados enviados. Caso haja distorções que não possam ser justificadas pelo fornecedor, ele será vetado para novos fornecimentos de produtos para as obras em execução pela ARTERIS.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a temperatura de mistura deve ser aquela que atenda ao intervalo de viscosidade entre 150 a 190 cP. Os agregados devem estar aquecidos, no momento da mistura, de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

No caso de Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR), a variação máxima de viscosidade permitida, em relação ao material utilizado no projeto de dosagem aprovado, será de $\pm 300\text{cP}$.

5.2. ADITIVOS

É obrigatória a adição de, no mínimo, 1,5% em massa de Cal Hidratada CH-I com no mínimo 50% de óxido de cálcio (CaO) ou 2,0% de Cimento Portland sobre o peso total de agregados.

Na execução do projeto de mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) para verificar a compatibilidade do agregado com o asfalto.

5.3. AGREGADOS

Os agregados devem ser provenientes de britagem. Agregados com absorção de água maior que 1,5% requerem cuidados especiais para evitar a saturação dos mesmos, como por exemplo, mantendo os depósitos de agregados cobertos, para evitar a heterogeneidade da massa em função da variação na absorção e teor de asfalto, provocada pela alternância de presença e ausência de água nos poros dos agregados. A adição de areia natural na mistura não é permitida.

5.3.1. Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve apresentar, além das Exigências da Tabela 1, as seguintes propriedades:

- Suas partículas individuais, retidas na peneira # 10 (2,00 mm) deverão ser constituídas de fragmentos duros, sãos, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.
- Para camadas de rolamento, os agregados graúdos não poderão ser de origem calcária (reagente ao ácido clorídrico) devido à sua susceptibilidade ao polimento pela ação do tráfego. Estes agregados poderão ser utilizados, excepcionalmente, com aprovação da ARTERIS, na falta de opção. Esta exigência se aplica à camada de revestimento.

Tabela 1 - Exigências de Propriedades para o Agregado Graúdo

Face Fraturada, Agregado Graúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS TP-61)	Desgaste por Abrasão Los Angeles, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ABNT-NBR 6465)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 3:1 (ARTERIS D-4791)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T- 104)
Misturas Convencionais	95	45	20
Misturas Descontínuas	95	40	20

•

5.3.2. Agregado Miúdo

O Agregado Miúdo deve apresentar, além das Exigências da Tabela 2, as seguintes propriedades:

A Matriz da rocha deve ter as mesmas características do agregado graúdo ou atender aos mesmos parâmetros, caso a origem seja diferente.

Tabela 2 - Exigências de Propriedades para o Agregado Miúdo

Teor de Vazios Não Compactado de Agregado Miúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS-T-304 Método A)	Adsorção de Azul de Metileno, Agregado Miúdo (composição – sem cal/cimento), Valor Máximo (ARTERIS-T-330)	Equivalente de Areia (composição – sem cal/cimento), Porcentagem Mínima (ABNT-NBR 12052)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Miúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T-104)
45	8	60	12

Agregados de algumas regiões do país, como por exemplo a região do município do Rio de Janeiro, podem ter dificuldades na obtenção de resultados satisfatórios de resistência à abrasão, devido à composição mineralógica das rochas. Neste caso, a aceitação de materiais que não se encontram em conformidade com os limites desta especificação deve ser prevista no termo de referência.

5.4. MATERIAL DE ENCHIMENTO (FÍLER)

Deve ser utilizado Cimento Portland ou Cal Hidratada CH-I, com, no mínimo, 50% de óxido de cálcio (CaO) e deve atender a seguinte granulometria (ARTERIS T-27):

Tabela 3 – Granulometria do material de enchimento

Peneira	% passante Mínima
#40	100
#80	95
#200	65

A cal hidratada ou o cimento devem ser adicionados aos agregados antes da passagem pelo secador da usina. Caso o silo de cal da usina não esteja disposto desta forma, será necessária a adaptação do silo nesta posição.

A usina deverá ser homologada pela fiscalização da ARTERIS antes do início da produção de massa.

5.5. PARÂMETROS PARA O PROJETO DE DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA

O projeto de dosagem da mistura asfáltica deverá ser elaborado pela Construtora, sob sua inteira responsabilidade, e a concessionária realizará a verificação dos parâmetros apresentados.

Para a elaboração do projeto da mistura deve ser adotada a Especificação Técnica “ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente”. No caso de utilização de CAP modificado por borracha, para a elaboração do projeto de dosagem deverão ser adotadas as Especificações Técnicas ARTERIS ET-323 E ARTERIS T-312 (dosagem pelo compactador giratório).

O projeto de dosagem deverá ser elaborado com todos os materiais que serão empregados para execução dos serviços. No caso de utilização de aditivo morno, deverá ser comprovada a resistência frente a ocorrência de deformação permanente no projeto de dosagem.

A Construtora deve enviar o projeto de mistura e materiais a serem utilizados com antecedência mínima de 30 dias antes do início dos serviços, para sua devida avaliação.

O projeto de mistura deve ser revisado sempre que a Densidade Efetiva dos Agregados variar mais que 0,040g/cm³ em relação à do traço aprovado, ou anualmente.

A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros e aos requisitos granulométricos de uma das faixas apresentadas na tabela 4a, 4b e 4c. A faixa granulométrica a ser utilizada será definida no projeto, e não deve exceder os limites mínimo e máximo de espessuras fixados na tabela 4a, 4b e 4c.

As misturas devem atender aos limites mínimo e máximo de Vazios do Agregado Mineral (VAM) – relação volumétrica – especificados de acordo com a faixa granulométrica correspondente.

O VAM está especificado como Relação Volumétrica, e o seu cálculo deve ser feito pela seguinte equação:

$$VAM = 100 - \frac{MaxPA}{Mba}$$

VAM = vazios no agregado mineral (total de vazios);

Ma = Massa específica aparente do CP;

PA = Porcentagem de agregado combinado na mistura total;

Mba = Massa específica aparente (SSS) do agregado combinado.

E o antigo RBV é calculado da seguinte forma:

$$VCA = 100 \frac{VAM - VV \%}{VAM}$$

VCA = Vazios Cheios de Asfalto (antigo RBV).

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para o traço em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

Para misturas descontínuas, deverá ser realizado o ensaio de escorimento de asfalto pelo método de ensaio de “Schellenberg”, onde o escorimento máximo admissível deve ser de 0,3% em peso da mistura do projeto proposto, considerando um teor de CAP 0,2% superior ao teor ótimo. Também deverá ser realizado o ensaio de desgaste por abrasão cântabro da mistura asfáltica no teor ótimo, onde a perda de massa da mistura curada por 24 h deve ser menor que 12%.

As faixas 7 ACT-FXI e 8 ACT-FXII da tabela 4b, são para uso exclusivo em preenchimento de acostamento.

Sugere-se que os projetos de dosagem de misturas asfálticas que serão utilizadas nas faixas de tráfego pesado em trechos com aclive extenso e/ou acentuado, sejam elaborados com foco na obtenção de um volume de vazios de 5%, de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência de exsudação e deformações em trilhos de roda. Neste caso, poderão ser aceitos projetos de dosagem com Vazios Cheio de Asfalto mínimo de 60%.

TABELA 4A - MISTURAS CONVENCIONAIS

TIPO DE CAMADA		CONCRETO ASFÁLTICO									
FAIXA ESPECIFICADA		FAIXA 1 - SPV 9,5		FAIXA 2 - SPV 12,5		FAIXA 9 - SPV 16,0		FAIXA 3 - SPV 19		FAIXA 4 - SPV 25	
ESPESSURA DA CAMADA (cm)		MÍNIMA 2	MÁXIMA 5	MÍNIMA 3	MÁXIMA 6	MÍNIMA 4	MÁXIMA 8	MÍNIMA 5	MÁXIMA 10	MÍNIMA 6	MÁXIMA 13
PARÂMETROS PARA A MISTURA											
Vazios no Agregado Mineral	Unidade %	MÍNIMO 15	MÁXIMO 17	MÍNIMO 14	MÁXIMO 16	MÍNIMO 13	MÁXIMO 15	MÍNIMO 13	MÁXIMO 15	MÍNIMO 12	MÁXIMO 14
Porcentagem de Vazios	Unidade %	MÍNIMO 3	MÁXIMO 5	MÍNIMO 3	MÁXIMO 5	MÍNIMO 3	MÁXIMO 5	MÍNIMO 3	MÁXIMO 5	MÍNIMO 4	MÁXIMO 6
Estabilidade Marshall	Unidade kgf	MÍNIMO 700	MÁXIMO -	MÍNIMO 700	MÁXIMO -	MÍNIMO 700	MÁXIMO -	MÍNIMO 700	MÁXIMO -	MÍNIMO 500	MÁXIMO -
Fluência Marshall	Unidade mm	MÍNIMO 2,0	MÁXIMO 4,5	MÍNIMO 2,0	MÁXIMO 4,5	MÍNIMO 2,0	MÁXIMO 4,5	MÍNIMO 2,0	MÁXIMO 4,5	MÍNIMO 2,0	MÁXIMO 4,5
Vazios Cheios de Asfalto	Unidade %	MÍNIMO 65	MÁXIMO 75	MÍNIMO 65	MÁXIMO 75	MÍNIMO 65	MÁXIMO 75	MÍNIMO 65	MÁXIMO 75	MÍNIMO 60	MÁXIMO 70
Relação Fíler / Ligante	Unidade -	MÍNIMO 0,6	MÁXIMO 1,6	MÍNIMO 0,6	MÁXIMO 1,6	MÍNIMO 0,6	MÁXIMO 1,6	MÍNIMO 0,6	MÁXIMO 1,6	MÍNIMO 0,6	MÁXIMO 1,6
Danos por Umidade Induzida	Unidade %	MÍNIMO 80	MÁXIMO -	MÍNIMO 80	MÁXIMO -	MÍNIMO 80	MÁXIMO -	MÍNIMO 80	MÁXIMO -	MÍNIMO 70	MÁXIMO -
Resistência à tração	Unidade kgf/cm ²	MÍNIMO 10	MÁXIMO -	MÍNIMO 10	MÁXIMO -	MÍNIMO 10	MÁXIMO -	MÍNIMO 10	MÁXIMO -	MÍNIMO 8	MÁXIMO -
Variação no Teor de Ligante	Unidade %	MÍNIMO -0,2%	MÁXIMO 0,2%	MÍNIMO -0,2%	MÁXIMO 0,2%	MÍNIMO -0,2%	MÁXIMO 0,2%	MÍNIMO -0,2%	MÁXIMO 0,2%	MÍNIMO -0,2%	MÁXIMO 0,2%
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA A MISTURA											
Peneira % PASSA	mm	Unidade	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	FAIXA DE TRABALHO
2"	50,0	Unidade %	-	-	-	-	-	-	-	-	± 7
1 1/2"	38,0	Unidade %	-	-	-	-	-	-	-	100	100
1"	25,0	Unidade %	-	-	-	-	100	100	100	100	± 7
3/4"	19,0	Unidade %	-	-	100	100	98	100	90	100	± 7
5/8"	16,0	Unidade %	-	-	-	-	90	100	-	-	± 7
1/2"	12,5	Unidade %	100	100	90	100	77	90	58	90	60
3/8"	9,5	Unidade %	90	100	58	90	63	80	44	75	50
Nº 4	4,8	Unidade %	55	90	38	55	38	48	30	47	28
Nº 10	2,0	Unidade %	28	43	26	36	25	35	21	33	17
Nº 40	0,42	Unidade %	11	24	11	21	10	20	9	18	6
Nº 80	0,18	Unidade %	5	16	5	15	5	14	5	12	3
Nº 200	0,075	Unidade %	2	10	2	10	2	9	2	8	1

TABELA 4B - MISTURAS ESPECIAIS

TIPO DE CAMADA		REPERFILAGEM / PREECHIMENTO DE ACOSTAMENTO							
FAIXA ESPECIFICADA		FAIXA 5 - SPV 38		FAIXA 6 - REPERFILAGEM 9,5		FAIXA 7 - ACT FX I		FAIXA 8 - ACT FX II	
ESPESURA DA CAMADA (cm)		MÍNIMA 10	MÁXIMA 20	MÍNIMA 2	MÁXIMA 4	MÍNIMA 2	MÁXIMA 5	MÍNIMA 3	MÁXIMA 6
PARÂMETROS PARA A MISTURA									
Vazios no Agregado Mineral	%	11	13	15	17	15	17	14	16
Porcentagem de Vazios	%	4	6	3	5	5	7	5	7
Estabilidade Marshall	kgf	500	-	700	-	700	-	700	-
Fluênci a Marshall	mm	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5
Vazios Cheios de Asfalto	%	60	70	80	90	60	70	60	70
Relação Fíler / Ligante	-	0,6	1,6	1,0	2,0	0,6	1,6	0,6	1,6
Danos por Umidade Induzida	%	70	-	80	-	80	-	80	-
Resistência à tração	kgf/cm ²	8	-	6	-	10	-	10	-
Variação no Teor de Ligante	%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA A MISTURA									
Peneira % PASSA	mm	Unidade	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	FAIXA DE TRABALHO
2"	50,0	%	100	100	-	-	-	-	± 7
1 1/2"	38,0	%	90	100	-	-	-	-	± 7
1"	25,0	%	72	90	-	-	-	-	± 7
3/4"	19,0	%	56	78	-	-	-	100	100
5/8"	16,0	%	-	-	-	-	-	-	± 7
1/2"	12,5	%	38	58	100	100	100	100	90
3/8"	9,5	%	30	47	100	100	90	100	58
Nº 4	4,8	%	20	36	80	100	55	90	38
Nº 10	2,0	%	14	26	50	90	28	43	26
Nº 40	0,42	%	5	13	20	50	11	24	11
Nº 80	0,18	%	2	9	7	28	5	16	5
Nº 200	0,075	%	0	6	5	15	2	10	2

6. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

6.1. DEPÓSITO PARA LIGANTE ASFÁLTICO

Os depósitos para o ligante asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento dos tanques deve ser feito com óleo térmico.

Os depósitos para o ligante asfáltico devem ter agitadores para assegurar a homogeneidade da temperatura nos tanques.

No caso de utilização de CAP modificado por borracha, sugere-se a utilização de tanque vertical. De qualquer forma, o tanque deverá possuir ao menos 2 agitadores helicoidais superiores e sistema de recirculação. Para armazenamento do produto por até 5 dias, a temperatura do tanque deverá ser mantida em torno de 165º C, sendo necessária a agitação e circulação do produto por 2 horas a cada período de 12 horas (não devendo ser feita agitação e circulação do produto a temperaturas inferiores a 165º C). Para armazenamento em períodos entre 5 e 10 dias, o produto deverá ser estocado a temperaturas mais baixas, em torno de 100 a 120º C. Já para períodos superiores a 10 dias, o produto deverá ser estocado em temperatura ambiente.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, 3 dias de operação.

Demais exigências estão explícitas na especificação “ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação”.

6.2. DEPÓSITO PARA AGREGADOS

O local onde serão depositados os agregados a serem utilizados na confecção da mistura deve estar limpo, coberto, com as pilhas identificadas e bem separadas para evitar mistura ou contaminação dos mesmos. Se for constatada qualquer contaminação em qualquer pilha, esta deve ser imediatamente removida da área de estoque.

Caso haja contaminação das pilhas, os trabalhos na usina devem ser paralisados até que o problema seja sanado.

Caso algum dos agregados se apresente com umidade acima da condição saturada superfície seca (SSS), este deverá ser previamente seco utilizando-se o secador da usina de asfalto, antes de ser depositado no silo frio de agregados da usina de asfalto para a confecção do CAUQ.

6.3. USINA PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

A usina de asfalto deve ser capaz de preparar uma massa uniforme, sem segregação e na temperatura determinada pelas especificações. Deve estar equipada com os seguintes equipamentos:

6.3.1. Silos de entrada de materiais (FRIO)

Os silos frios devem ser divididos em compartimentos identificados, dispostos de modo a separar e estocar adequadamente as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivo adequado de dosagem e descarga, que permita uma dosagem das quantidades de materiais de acordo com o projeto de mistura (traço) aprovado pela ARTERIS.

Deve também ter um silo adequado para a adição de Cal hidratada CH-I ou Cimento Portland, que permita sua incorporação à mistura sem perdas. Este silo deve estar conjugado com o sistema de dosagem automática da usina.

Recomenda-se que o sistema de dosagem dos silos frios deve ser fechado com a velocidade da correia.

A Cal Hidratada CH-I ou Cimento Portland devem ser adicionados aos agregados na correia transportadora, entre o pó de pedra e o pedrisco, junto aos silos frios.

6.3.2. Secador

O secador da usina deve estar equipado com dispositivos para secar e aquecer a mistura de agregados até a temperatura recomendada. A chama do maçarico não pode em hipótese nenhuma entrar em contato com o ligante.

Deve possuir um dispositivo de medição de temperatura, com informações dentro da cabine de comando, de maneira a permitir ao operador da usina monitorar a temperatura da mistura.

Caso esta condição não seja atendida, a usina deve ser paralisada até que a empresa promova os ajustes necessários.

6.3.3. Sistema de recuperação de finos

A usina deve ter um sistema de recuperação de finos adequado que permita a devolução dos mesmos à mistura. Ele pode ser devolvido à mistura antes da classificação e neste caso por intermédio de um silo auxiliar com dispositivo que mantenha alimentação contínua ou depois, sendo neste caso pesado separadamente.

6.3.4. Recirculação de ligante

A usina de asfalto deve ter, opcionalmente, um sistema de recirculação de ligante, passando através de toda a tubulação, até próximo ao ponto de injeção do ligante no misturador e através do medidor de vazão com retorno para o tanque de ligante.

6.3.5. Medidor de vazão para usinas contínuas

A usina contínua deve possuir, opcionalmente, um sistema de malha fechada, conjugado com o sistema de pesagem do agregado, a fim de garantir a dosagem precisa do ligante, durante toda a operação. A distância máxima entre o medidor de vazão e o local de injeção do ligante, não pode ser superior a 3 metros.

6.3.6. Silo de massa quente

A usina de asfalto deve ter, opcionalmente, um silo de massa quente com revestimento térmico para armazenar a mistura, e evitar paralizações da usina durante o processo de produção, assim

como a manutenção da temperatura recomendada da mistura até sua descarga nos caminhões basculantes.

Recomenda-se que a capacidade de armazenamento do silo de massa quente deve ser aquela suficiente para armazenar a produção nominal da usina durante 1 hora de trabalho. Para usinas contínuas a capacidade do pré-silo deve ser de no mínimo 2.500 kg.

O silo de massa quente deve estar provido de um dispositivo próximo a comporta de descarga, para evitar a segregação da mistura durante sua descarga nos caminhões basculantes.

A comporta de descarga deve ser acionada por dispositivo de comando que permita controlar o tempo de abertura da mesma, a fim de evitar que a descarga da mistura ocorra intermitentemente e cause a segregação da mistura nos caminhões basculantes.

6.4. CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

Os caminhões tipo basculante para o transporte do concreto asfáltico, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas.

Sugere-se que as caçambas possuam um furo (\varnothing 6,3mm), de forma a facilitar e agilizar a verificação da temperatura da massa pelos inspetores da concessionária.

Para evitar que a mistura asfáltica fique aderida na caçamba, pode ser utilizado como lubrificante uma nata de água e Cal hidratada (3x1), de modo a evitar a aderência da mistura ao fundo ou parede do mesmo.

Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis a dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina, óleo vegetal ou qualquer outro solvente, etc.).

6.5. EQUIPAMENTO PARA ESPALHAMENTO

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de vibroacabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, nas cotas e abaulamentos requeridos. Deve ser equipada com rosca sem-fim em toda a largura da mesa, incluindo os prolongamentos, de forma que o espaçamento entre a lateral da mesa e o início da rosca não seja superior a 40 centímetros, para auxiliar no espalhamento da mistura sem segregação,

possuir dispositivo rápido e eficiente de direção, além de marcha para frente e para trás. Deve ser equipada com sistema de pré-compactação composto por mesa vibratória com vibradores excêntricos, preferencialmente com tamper que permita uma pré-compactação na mistura espalhada e com dispositivo de aquecimento da mesa para evitar que a mistura agarre na mesma e prejudique o acabamento. Deve estar equipada com sistema de controle de nível (espessura) eletrônico nos dois lados da mesa.

A vibroacabadora deverá ter potência suficiente para realizar as atividades de espalhamento da mistura asfáltica (inclusive o deslocamento do caminhão basculante) sem que haja transmissão de esforços que deformem a camada da mistura asfáltica aplicada.

Não será permitida a utilização de vibroacabadoras de pneus.

A mesa não deve deixar marcas longitudinais na massa espalhada, devendo estar bem ajustadas as emendas das extensões.

No início da jornada, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura definida pela Especificação para temperatura de descarga.

Caso no espalhamento, se constate pontos segregados, tanto finos como grossos, ondulações transversais e/ou riscos longitudinais, resultados da má operação da vibroacabadora, o serviço deve ser paralisado até a sua correção.

6.6. EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

O equipamento para a compressão pode ser constituído de rolos pneumático e tandem liso vibratório. Os rolos pneumáticos, automotrices, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm² (35 a 120 psi), e dispositivo para monitorar e manter constante a pressão de ar de todos os pneus (rodoar ou similar). Os pneus devem estar em perfeito estado, ter a mesma altura, e estar alinhados, para não deixarem marcas indesejáveis na pista.

Todos os rolos pneumáticos devem possuir sistema de aspersão de no mínimo um bico de espargimento (chuveirinho) por roda para aplicação do antiaderente, e estar lastrados para atender às Especificações de peso recomendadas pelo fabricante.

Os rolos tandem vibratórios devem possuir sistema de aspersão em cada cilindro para a aplicação do antiaderente. A adição do antiaderente tem que ser suficiente para manter o cilindro úmido, porém sem escorrimientos.

Os rolos pneumáticos e tandem liso vibratório, devem estar equipados com raspadores adequadamente instalados para realizar a limpeza individual dos pneus e cilindros.

7. EXECUÇÃO

7.1. SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR

A superfície a ser pavimentada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve estar seca e limpa, sem presença de pó ou materiais soltos.
- Imediatamente antes de pavimentar deve ser feita uma pintura de ligação com emulsão RR-1C, conforme as taxas descritas na tabela 5:

Tabela 5 – Taxas para pintura de ligação

Nova camada sobre camadas recém executadas	0,15 a 0,25 l/m ² (resíduo)
Nova camada sobre camadas antigas, já oxidadas	0,25 a 0,40 l/m ² (resíduo)
Nova camada em segmentos com rebaixos de fundo de caixa (área total de rebaixos entre 35% e 65% da área total da pista sendo recuperada)	0,20 a 0,30 l/m ² (resíduo)

- Para a faixa GAP 9,5 deve ser aplicada uma pintura com emulsão do tipo SBR polimerizada conforme as taxas descritas na tabela 6:

Tabela 6 – Taxas para pintura de ligação (misturas descontínuas)

Nova camada sobre camadas recém executadas	0,15 - 0,3 l/m ² (resíduo)
Nova camada sobre camadas antigas, já oxidadas	0,2 - 0,4 l/m ² (resíduo)

- Caso o caminhão espargidor não tenha condições de espargir esta taxa, a emulsão pode ser recortada com no máximo 50% de água.

- Devem ser coletadas amostras da emulsão no caminhão espargidor e feita uma determinação expedita do resíduo antes da aplicação. A taxa deve ser ajustada em função da porcentagem de resíduo encontrada.
- A pintura de ligação deve ser feita obrigatoriamente com a barra espargidora, para segmentos com extensão superior a 50 metros. Neste caso, a caneta só deve ser usada para pintura dos bordos e correção de pontos falhos ou de difícil acesso.
- Deverá ser realizada uma inspeção visual para constatação da uniformidade da aplicação e a necessidade de possível remoção dos excessos de emulsão acumuladas em pontos baixos e trechos com declividades.
- O espalhamento da mistura asfáltica só será permitido após o rompimento completo da emulsão.

7.2. CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura asfáltica deve ser confeccionada em uma usina de asfalto conforme Especificada no Item 6 e obedecer aos seguintes critérios:

- Os agregados, principalmente finos, devem ser homogeneizados com a carregadeira antes de serem colocados nos silos frios,
- As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do projeto e dos agregados para evitar variações na granulometria da massa fora da faixa de trabalho, no caso de usinas contínuas e sobras nos silos quentes no caso de usinas gravimétricas,
- Estar de acordo com o projeto de mistura aprovado, tanto quanto na granulometria quanto no teor de ligante,
- Obedecer aos parâmetros definidos para a temperatura da mistura,
- A cal hidratada CH I ou cimento Portland deve estar conforme o item 6.3.1.
- Não apresentar deficiências de mistura, apresentando agregados não misturados (Massa carijó),
- Não apresentar variações bruscas de temperatura de mistura, demonstrando falta de controle de alimentação ou secador desregulado.
- O elevador de caneca deverá ter capacidade de transportar o material sem promover segregação da mistura asfáltica.

- A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba (1º à frente, 2º a traseira e depois o meio).
- O fechamento da comporta de descarga do silo da usina ou do silo do elevador de massa quente (elevador de canecas), deve ocorrer antes deste esvaziar, evitando a descarga de material diretamente sobre o caminhão. A comporta deve ter um sistema de homogeneização na descarga do silo para evitar a separação do material graúdo do material fino no momento da descarga.
- Não será permitida, em hipótese alguma, a descarga da mistura diretamente do elevador de massa quente para dentro da caçamba dos caminhões basculantes (comporta de descarga aberta).

7.3. TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico deve ser transportado em caminhões basculantes e atender aos requisitos Especificados no Item 6. Além disto, devem ser observados os seguintes critérios:

- O Caminhão carregado deve estar coberto com lona térmica, com tamanho suficiente para proteger a mistura, sobrepassando a caçamba nas laterais e na traseira. Deve estar bem fixada na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura asfáltica.
- A temperatura mínima para descarga de misturas asfálticas usinadas com ligante convencional é de 135°C, para ligantes modificados (polímero ou borracha) de no mínimo 150°C. Casos excepcionais deverão ser previamente submetidos à Fiscalização para análise. A temperatura máxima aceitável para descarga das misturas asfálticas será de 177°C.
- A troca de caminhões deve ser rápida, de maneira a evitar paralisação da Acabadora.

7.4. DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição da mistura deve ser feita em vibroacabadoras automotrices e atender à Especificação do Item 6.

Além disto, deve apresentar os seguintes requisitos:

- A temperatura ambiente e do pavimento deve estar acima de 10° C e subindo. No caso de espessuras inferiores a 3 cm a temperatura deve estar acima de 15° C e subindo.

- Não devem ser feitos retrabalhos manuais na superfície espalhada pela acabadora, para misturas descontínuas.
- A operação de espalhamento deve ser iniciada somente quando já estiverem 3 caminhões carregados na pista. Exceções devem ser previamente aprovadas pela fiscalização.
- A superfície a ser pavimentada deve estar seca, não será permitido a aplicação em dias chuvosos.
- A mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura da massa a ser aplicada.
- Na partida da acabadora, devem ser colocadas 4 réguas sob a mesa com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.
- A mistura deve apresentar uma textura uniforme, sem pontos segregados, não será permitido salgamento para correção dessas irregularidades. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, devendo essas serem consideradas como exceção. Caso a correção seja frequente, a vibroacabadora deve ser ajustada ou substituída por outra.
- A mesa da vibroacabadora deve ter uma superfície lisa, sem riscos que deixem marcas de arraste de material. Caso se constate este arraste, os serviços devem ser paralisados e o defeito sanado imediatamente.
- A mesa da vibroacabadora deve estar equipada com as extensões necessárias para o espalhamento da mistura asfáltica sem o auxílio manual. Deverão ser colocadas extensões na rosca sem-fim da vibroacabadora para acompanhar a largura da mesa.
- Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela vibroacabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.
- Não será permitido que seja basculado o silo da vibroacabadora durante a troca de caminhões, visando a redução da probabilidade de ocorrência de segregações.
- A espessura da camada compactada será de acordo com o projeto de mistura aprovado, observado o disposto no item 5.5, tabela 4. A espessura da camada compactada deve ser maior que 2,5 vezes e menor que 5 vezes o diâmetro nominal máximo do agregado.
- Não será permitida a distribuição da mistura em camada com espessura compactada inferior a indicada nas tabelas 4a, 4b e 4c.
- Caso se constate que a espessura da camada compactada seja inferior à indicada nas tabelas 4a, 4b e 4c, a mistura deverá ser removida da pista utilizando-se de uma máquina

fresadora até a obtenção da espessura indicada nestas tabelas, e nova mistura deverá ser colocada com a espessura recomendada. A verificação de espessura de fresagem deverá ser realizada de acordo com o “*Manual de cálculo dos quantitativos de serviços de pavimentação - GA CONORD MAN 962*”.

- A velocidade da acabadora deve ser definida em função da capacidade de produção da usina, de maneira que a acabadora esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões.
- A acabadora deve trabalhar com sistema eletrônico de nível, com esqui de comprimento mínimo de 6,00 m.
- Se a acabadora parar mais de 15 minutos, deve ser removida da pista, e dar um novo início na chegada do caminhão.

7.5. COMPRESSÃO DA MISTURA

Esquemas alternativos de rolagem poderão ser adotados, desde que previamente aprovados pela ARTERIS.

Prioritariamente deve ser adotado o descrito abaixo:

- A compressão da mistura deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento (menos de 1 minuto) e o equipamento deve atender à Especificação do Item 6.
- A metodologia de rolagem deve ser definida através de uma pista experimental, adotando-se o processo que apresentar melhor custo x benefício.
- Para misturas descontínuas, a rolagem deve ser feita com rolo tandem sem vibrar logo após o espalhamento. A vibração só deve ser empregada para corrigir algum defeito na superfície da camada, com precaução para evitar quebra de agregados. Durante a operação de compactação, o rolo tandem deve estar sempre em movimento sobre a massa quente para evitar que os cilindros metálicos esfriem e causem arrancamento do agregado graúdo da mistura asfáltica.
- A compressão deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.
- Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.

- Cada passada do rolo deve ser recoberta pelo menos 30 cm, pela passada seguinte.
- Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente.
- As rodas do rolo de pneus podem ser ligeiramente umedecidas com solução de detergente neutro (20% aprox.) e água (80% aprox.) para misturas com ligante convencional e solução de detergente neutro (30% aprox.) e água (70% aprox.) para misturas com ligante modificado, a fim de evitar a aderência. A utilização de outra solução deve ser aprovada previamente pela fiscalização da Arteris.
- Se for utilizada água no rolo tandem, ela deve estar pulverizada, não se permitindo o escorramento da mesma por gravidade pelo tambor e empoçamento na superfície da camada.
- A mistura compactada na pista, em camadas de concreto asfáltico usinado a quente, deve apresentar volume de vazios (ARTERIS T-269) máximo de 7,0% e mínimo de 3,0% em relação à Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209). No caso da obtenção de um volume de vazios entre 7,0% e 10,0%, será aplicado um desconto de 30% na medição (ou conforme previsto no termo de referência) e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.
- Os critérios de avaliação e aceitação da compactação estão discriminados no item 9.4.a
- A abertura ao trânsito de veículos só é permitida após o completo resfriamento da camada espalhada, ou seja, quando a temperatura da mistura asfáltica atingir a temperatura abaixo do ponto de amolecimento do CAP utilizado.

8. MANEJO AMBIENTAL

O manejo ambiental deve seguir na íntegra o disposto no item 6 da especificação DNIT 031-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço.

9. CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL

O controle de qualidade da obra é de total responsabilidade da Construtora Contratada para execução dos serviços.

Todos os materiais a serem empregados na obra devem ser testados em laboratório obedecendo à metodologia indicada no item 2.

A quantidade de ensaios para fins de controle de produção (nas instalações da contratada), no início dos serviços, deve ser determinada pelo REPRESENTANTE DA ARTERIS e poderá ser reduzida à frequência mínima depois de constatada a homogeneidade na execução dos serviços.

Esta quantidade mínima também deve ser aumentada sempre que se constate variações abruptas nos resultados dos ensaios ou visualmente na aparência da mistura, indicando uma falta de controle na execução dos serviços.

Os materiais devem satisfazer às Especificações em vigor e frequência mínima indicada a seguir e na tabela 9.

9.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará do seguinte:

A contratada deve realizar os ensaios abaixo em todos os carregamentos de ligante asfáltico recebidos na obra. Ficando também sobre responsabilidade da contratada, a coleta de uma amostra de $\frac{1}{4}$ de galão (aproximadamente 900 ml), para envio a concessionária, devidamente identificada com o laudo o fabricante.

- a) 1 Ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (ABNT-NBR 14950) a 135°C para todo carregamento que chegar à obra.
- b) 1 Ensaio Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, conforme ABNT 15086 (ensaio ductilômetro), para todo carregamento de Asfalto Modificado que chegar à obra.
- c) 1 Ensaio de Espuma para todo carregamento que chegar à obra,

- d) 1 Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT – NBR 6560) para todo carregamento que chegar à obra.
- e) 1 Ensaio de Penetração (ABNT- NBR 6576) para todo carregamento que chegar à obra.
- f) Executar os ensaios a cada 20 carregamentos para fazer a Relação Viscosidade x Temperatura para estabelecimento das temperaturas de mistura e compactação com os resultados obtidos no item 9.1.a. Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a faixa de temperatura para mistura é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de 85 ± 10 segundos (170 ± 20 cP). A faixa de temperatura para compactação é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de 140 ± 15 segundos (280 ± 30 cP). Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

Se, nos ensaios acima realizados, de aceitação do carregamento, houver algum valor que não atenda às especificações da obra, o material está recusado e não pode ser descarregado.

Demais exigências estão explícitas na especificação “ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação”.

Deve ser guardado um testemunho de cada carreta para dirimir quaisquer dúvidas a respeito da qualidade do produto.

9.2. AGREGADOS

Os ensaios de controle de qualidade dos agregados devem ser os seguintes:

- a) Na aprovação do traço ou quando se perceber alteração da matriz do agregado na pedreira deverão ser feitos todos os ensaios previstos no item 5.3,
- b) 1 Ensaio de Granulometria de cada agregado (ARTERIS T-27) (coletado dos silos frios) por dia de trabalho.

- c) 2 Ensaios de Granulometria da mistura seca (ARTERIS T-27) (coletada do silo quente) por dia de trabalho.
- d) Diariamente deve ser feito o ajuste da granulometria à curva do projeto aprovado.

9.3. MISTURAS ASFÁLTICAS

- a) 3 Ensaios (mínimo) de teor de asfalto pelo método combustão (ARTERIS T-308) a cada jornada de 8 horas.
- b) Nota: Para garantia de resultados precisos, deverá ser determinado o fator de correção para as misturas asfálticas mensalmente, de acordo com o procedimento ARTERIS T-308.
- c) 3 granulometrias (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto a cada jornada de 8 horas.
- d) 1 Ensaio de Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca (ARTERIS T-166).
- e) 1 Ensaio de danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) por semana – Se a amostra ensaiada não for aprovada, os corpos de prova extraídos na pista no período, conforme 9.4.a, deverão ser testados por este método de ensaio.
- f) 3 Ensaios de Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) a cada jornada de 8 horas.

9.4. PISTA

- a) Não serão aceitos, em hipótese alguma, segmentos com presença de segregação da mistura asfáltica. Uma vez que a segregação é definida como a falta de homogeneidade na distribuição dos agregados ao longo da camada, ela poderá ser constatada pela fiscalização através de inspeção visual, pela verificação da concentração de agregados graúdos ou miúdos em pontos localizados na camada. Adicionalmente, a constatação da ocorrência de segregação poderá ser realizada através do cálculo do coeficiente de variação dos resultados de análises de macrotextura.

b) Deverá ser realizada, de maneira aleatória, a obtenção de amostras de mistura asfáltica em pista, para fins de aceitação do serviço, conforme descrito no procedimento ARTERIS ET-005. Deverá ser coletada uma amostra de mistura asfáltica a cada 200 metros de extensão, para cada camada aplicada. No caso da execução de diversos segmentos de pequena extensão no mesmo dia de trabalho, deverá ser coletada uma amostra a cada 100 toneladas de mistura asfáltica aplicada. Ressalta-se que é indispensável o mapeamento adequado da área de representatividade de cada amostra coletada, tornando possível o refazimento preciso dos serviços em que forem identificadas não conformidades.

Em casos excepcionais, a critério da Arteris, a análise da mistura asfáltica (granulometria, teor de CAP e RICE) poderá ser realizada durante sua produção na usina da Contratada, com acompanhamento de Representante da concessionária, desde que o laboratório esteja devidamente equipado. Neste caso, a metodologia de coleta e quantidade de amostras a serem avaliadas deverá ser definida pela concessionária, que também definirá a necessidade de coleta esporádica de amostras em pista, para realização de ensaios adicionais.

Ressalta-se que neste caso não haverá direito à contraprova, em função da grande quantidade de amostras a serem ensaiadas.

c) A granulometria da mistura asfáltica deverá sempre atender aos limites da faixa de trabalho, sendo que a faixa de trabalho deverá ser aplicada sobre a curva do projeto elaborado pela contratada e aprovada pela concessionária. Não serão aceitos desvios superiores aos determinados pela faixa de trabalho.

d) Deverão ser realizados ensaios para verificação do teor de CAP através do método da combustão (ARTERIS T-308). Serão aceitas as misturas asfálticas que apresentarem um desvio máximo de $\pm 0,2\%$ em relação ao teor ótimo definido em projeto.

e) Devem ser realizados ensaios de Densidade (ARTERIS T-166 ou T-275) de corpos de prova extraídos via sonda rotativa ou através da utilização de densímetro elétrico, de acordo com o procedimento descrito na especificação ARTERIS T-100. As extrações de corpos de prova ou a leitura com densímetro deverão ser, obrigatoriamente, acompanhadas pelo fiscal indicado pela ARTERIS. As avaliações deverão ser realizadas no eixo e a 50 centímetros dos bordos do segmento a ser avaliado. Os corpos de prova deverão ser enviados, pelo fiscal, imediatamente ao

Laboratório de Controle indicado pela Concessionária. Os corpos de prova devem ser transportados em caixas contendo pó de serragem.

Nota: Todas as amostras coletadas deverão ser entregues no laboratório em até 48 horas, e o laboratório se responsabilizará por entregar os resultados em no máximo 7 dias. Caso o tempo entre a execução da obra e a entrega das amostras no laboratório seja superior a 48 horas, o prazo para o laboratório entregar os resultados das análises será de 7 dias somados a quantidade de dias em atraso.

- f) Os furos de onde forem extraídos os corpos de prova utilizando a sonda rotativa, devem ser bem lavados e secos, e a seguir toda a área do furo deverá ser pintada com emulsão asfáltica tipo RR-1C para promover a ligação do concreto asfáltico existente com o concreto asfáltico que será utilizado para fechar o buraco.
- g) Os buracos deverão ser tapados, após a ruptura da emulsão, aplicando-se camadas sucessivas de aproximadamente 5 cm de espessura do mesmo concreto asfáltico colocado no local de extração com temperatura maior ou igual a 150 graus Celsius, compactadas com 150 golpes do soquete cilíndrico para asfalto Marshall.
- h) A construtora pode a seu critério, extrair corpos de prova em duplicata para seu controle. A frequência dos Ensaios de Densidade será sempre aumentada no início dos serviços ou quando houver falhas e/ou variação nos ensaios anteriores, a critério do REPRESENTANTE DA ARTERIS. Este ensaio será feito com o objetivo de se determinar o Volume de Vazios da Mistura Compactada (ARTERIS T-269), conforme descrito no item 7.5. A comparação será feita com os resultados de Massa Específica Máxima (ARTERIS T-209) do dia da aplicação da massa (item 9.3.f).

Para obras de implantação e conservação (fresagem e recomposição), todos os segmentos com extensão superior a 10 metros deverão ser analisados, no que diz respeito aos parâmetros volumétricos, de maneira individual. No caso da execução de obras de reforço de pavimento, os parâmetros volumétricos deverão ser analisados por dia de produção.

O cálculo dos valores máximo e mínimo de vazios e espessura será conforme descrito abaixo:

Tipo de Análise (Determinística até 4 corpos de prova):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova se apresentarem dentro dos limites de volume de vazios ($3,0\% \leq X_i \leq 7,0\%$). Se houver qualquer corpo de prova com volume de vazios

entre 7,0% e 10,0%, será aplicado um desconto de 30% no valor da medição, e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tipo de Análise (Estatística acima de 5 corpos de prova):

O segmento será aceito se “X min” \geq 3,0% e “X max” \leq 7,0%. Se “X max” for um valor entre 7,0% e 10,0%, será aplicado um desconto de 30% na medição e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

- i) No caso de obras de restauração, o controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura). No caso de obras de implantação e reforço do pavimento, o controle de espessura deverá ser realizado através de levantamentos topográficos. Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral.

Os serviços serão aceitos caso a espessura da camada compactada, avaliada estatisticamente (média menos desvio padrão multiplicado pela constante k) seja superior à 95% da espessura prevista em projeto.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X \text{ min} = \bar{X} - Kd$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

e K é dado em função do número “N” de amostras, pela Tabela 7:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se: $X_{\min} \geq 0,95P$

Onde:

P = Espessura de projeto

Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tabela 6 - Amostragem Variável

Número N de amostras																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

k = coeficiente multiplicador

- j) O controle de deflexões deve ser executado pela contratada e acompanhado pelo representante da ARTERIS. A sua frequência, se não definida no projeto, deve ser de 20 m de faixa, no máximo. Para a medida de deflexão deve ser seguido o método ARTERIS ME 024/94;
- k) O controle de acabamento da superfície do revestimento deve ser feito com auxílio de duas réguas, uma de 4,00m e outra de 0,90m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. Este ensaio deve ser realizado imediatamente após a compactação e antes da abertura da pista ao tráfego. Todas as áreas que não atenderem a estes parâmetros devem ser corrigidas pela Empresa Contratada.
- l) A verificação das condições de segurança da macrotextura do revestimento deve ser feita através do ensaio de mancha de areia (ASTM-E965). Devem ser realizadas leituras a cada 25

metros de faixa, sempre alternando entre as trilhas de roda interna e externa (esquerda e direita), e considera-se a média de todas as determinações realizadas. Deverá ser calculado o coeficiente de variação com os resultados individuais de análise de macrotextura, para verificação da uniformidade deste parâmetro. Entende-se como coeficiente de variação a relação entre o desvio padrão amostral e a média dos resultados. A espessura média de areia no ensaio de mancha de areia deve estar entre 0,6 e 1,2 mm, e o coeficiente de variação máximo admissível será de 30%;

m) Para a verificação da capacidade de atrito do revestimento, devem ser feitos ensaios de resistência à derrapagem. O valor do GN (Grip Number) deverá ser atender ao parâmetro estabelecido no Termo de Referência, e o valor de VRD (Pêndulo Britânico) deverá ser de no mínimo 47 e no máximo 75. Os segmentos que apresentarem valores abaixo do limite fixado nesta especificação devem ser corrigidos imediatamente.

n) Avaliação de superfície, expressa pela irregularidade longitudinal, medida por meio de perfilômetro a laser, obtendo-se o parâmetro QI - (contagens/km), ao longo do trecho recuperado, que deve atender aos seguintes requisitos no cálculo estatístico:

Condição construtiva (Fresagem e Recomposição, Recuperação de Base Sub-Base ou Subleito):

- As medidas de IRI devem ser inferiores ou iguais a 1,90 m/km para cada segmento contínuo, executado no mesmo dia. Caso o trecho executado apresente IRI entre 1,90 m/km e 2,10 m/km, será realizado um desconto de 30% na medição, ou retenção total dos valores até o refazimento dos serviços. Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo da mesma, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

Condição construtiva (Implantação e reforço do pavimento):

- No caso de obras de implantação, as medidas de IRI devem ser realizadas considerando segmentos de no máximo 200 metros contínuos. Serão aceitos segmentos com resultados inferiores ou iguais a 1,60 m/km. Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares, considerando a mesma espessura de projeto e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo da mesma, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

A Irregularidade Longitudinal deverá ser avaliada em todas as camadas de CBUQ, independentemente de sua localização na estrutura do pavimento.

A medição da área executada só será feita depois de verificado o atendimento aos parâmetros acima especificados.

A Tabela 8 e 9 apresentam o resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade em pista e o resumo geral do controle de qualidade respectivamente.

Tabela 8 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade de pista

Frequência (Segmento)	Amostragem	Parâmetros de Análise				Tipo de Análise	Critérios de Aceitação			
		IRI - Perfilômetro		Volume de Vazios (%)	Teor de Ligante (%)					
Extensão dos Segmentos	Número de CP's para Ensaios	Construção	Fresagem e Recomposição, Recuperação de Base, Sub-base, e/ou Subleito							
		-	-	De acordo com o Item 9.4-e	$\pm 0,2$ Teor de Projeto	Xmin $\geq 0,95$ Espessura de Projeto	Determinístico			
		-	-				Determinístico			
		-	-				Determinístico			
≤ 20 metros	1	-	-	De acordo com o Item 9.4-e	$\pm 0,2$ Teor de Projeto	Xmin $\geq 0,95$ Espessura de Projeto	Aprovação em todos os parâmetros listados.			
$20 < X \leq 50$ metros	2	-	-							
$50 < X \leq 100$ metros	3	-	-							
≥ 100 metros	Mínimo 5 CP's	$\leq 1,60$ m/km	$\leq 1,90$ m/km (de acordo com o Item 9.4-k)							
	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais		Estatística							

Nota: se for utilizado o densímetro para liberação dos serviços, deverá ser consultado o método de ensaio ARTERIS ME-100, onde se encontra determinada a quantidade da amostragem e os procedimentos.

Tabela 9 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para controle de qualidade geral

ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO	
	DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA	30 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-027	ARTERIS ET-001 ARTERIS ET-323 ARTERIS T-312
AGREGADOS	DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 15%	ARTERIS T-104
	ABRASÃO LOS ANGELES (MISTURAS CONVENCIONAIS)	Na dosagem ou material mudar	< 45%	ABNT NM 51:2000
	ABRASÃO LOS ANGELES (MISTURAS DESCONTÍNUAS)	Na dosagem ou material mudar	< 40%	ABNT NM 51:2000
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	Máximo 20% na Relação 1: 3	ARTERIS D-4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA DE AGREGADOS	1 ensaio por semana	> 60%	ABNT NBR-12052
	GRANULOMETRIA AGREGADOS (BRITAGEM)	1 ensaio por dia	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. FINOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-84
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. GRAUDOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-85
	AZUL DE METILENO DA MISTURA DE AGREGADOS	Na dosagem ou material mudar	< 8 mg/g	ARTERIS TP-330
ASFALTO	VISCOSIDADE 135°C	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 374	ABNT NBR-15184
	VISCOSIDADE 150°C	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 203	ABNT NBR-15184
	VISCOSIDADE 177°C	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 76	ABNT NBR-15184
	PONTO DE FULGOR	Em toda carreta	> 235° C	ABNT NBR-11341
	Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação, devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.			
	RECUPERAÇÃO ELÁSTICA	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 85% CAP 60/85 > 90% CAP 65/90	ABNT NBR-15086
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	>50 % (AB8) >55% (AB22)	ABNT NBR-15086
	PENETRAÇÃO	Em toda carreta (CAP 30-45)	30 a 45	ABNT NBR-6576

ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
USINA	PONTO DE AMOLECIMENTO °C	Em toda carreta (CAP 50-70)	50 a 70
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	40 a 70
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	30 a 70
	ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 52
		Em toda carreta (CAP 50-70)	> 46
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 60
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	> 55
	ESPUMA A 175°C	Em toda carreta	-1,5 a + 0,7
		Em toda carreta	Não espumar
	GRANULOMETRIA SILOS QUENTES	1 ensaio por dia	Projeto
	UMIDADE PONDERADA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	< 2% Recomendação
	TEMPERATURA AGREGADOS SILOS QUENTES	Regularmente	< 187°C
	TEMPERATURA CAP	Regularmente	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s
	TEMPERATURA DA MASSA NA USINA	Em todo caminhão	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s
	PORCENTAGEM DE CAP	3 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto ± 0,2 %
	GRANULOMETRIA DA MASSA	3 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto
	DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA- RICE	2 ensaios por dia	Projeto
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1 ensaio por cada 4 horas de trabalho	> 10 kgf/cm ²
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	1 ensaio por semana	RRT > 80% (DUI)
			ARTERIS T- 283
			ABNT NBR- 6560

ENSAIO	FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO	
PISTA	MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA (Marshall)	1 ensaio (3 CPs) por cada 4 hs de trabalho	75 golpes soquete Marshall / face	ARTERIS T-166
	DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Projeto	ARTERIS T-166
	TEOR DE VAZIOS (LABORATÓRIO)	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS T-269
	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS ET-35
	VAZIOS DO AGREGADO MINERAL	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS ET-35
TOPOGRAFIA	TEMPERATURA DA MASSA	Em todo caminhão	mínimo 135 °C	Medir
	EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA	De acordo com a Tabela 8	-	Extrair com máquina Rotativa
	COMPACTAÇÃO	De acordo com a Tabela 8	-	ARTERIS T-209
	VAZIOS DE PISTA	De acordo com a Tabela 8	Ver item 9.4	ARTERIS T-269
	MEDIDA DE IRREGULARIDADE	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 6	Ver item 9.4	Perfilômetro a Laser
	MEDIDA DE ATRITO	A cada 100m	GN > 0,42	Grip Tester
			47 < VRD < 75	Pêndulo Britânico
	DEFLEXÕES - VIGA BENKELMAN	Projeto define ou mínimo cada 20 m de faixa	Projeto	DNIT-ME 24
	MACROTEXTURA	A cada 25 metros de faixa, sempre alternando entre trilhas de roda externa e interna (direita e esquerda)	O valor médio de todas as leituras realizadas deverá ser maior do que 0,6mm e menor do que 1,2mm	ASTM E965-15 NBR 16504
	PINTURA DE LIGAÇÃO	No mínimo uma verificação a cada 200 metros de pista.	Arteris ES-20	Bandeja / Balança
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	de acordo com o disposto no item 9.4	+ 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 1000 m por faixa. Em pontos isolados +10%	GA CONORD MAN 962

Especificação Particular

ARTERIS ES 028 – CAMADA POROSA DE ATRITO - CPA

1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de Mistura Asfáltica a Quente do tipo Camada Porosa de Atrito - CPA para execução de camadas de revestimento (rolamento) em pavimentos flexíveis nas Rodovias do grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração
- ARTERIS T-329 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção - NLT 329
- ABNT NBR-15184 - Determinação da Viscosidade em temperaturas elevadas usando um Viscosímetro Rotacional
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO).
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia

- ARTERIS TP 61 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO TP- 61
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104
- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30.
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209
- ARTERIS T-164 - Determinação da Percentagem de Ligante Asfáltico em Misturas Asfálticas a Quente - AASHTO T-164
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30
- ARTERIS T-331 - Massa Específica Aparente e Densidade de Misturas Asfálticas Compactadas, usando Selagem Automática a Vácuo.
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269
- ARTERIS T-003 - Resistência a tração por compressão diametral de misturas asfálticas compactadas.
- DNIT-ME 383 - Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero -ensaio Cantabro
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida - AASHTO T-283
- ARTERIS T 305 - Determinação das características de gotejamento de misturas asfálticas não compactadas
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS

- DNIT 0386-ES - Pavimentação – Pré-Misturado a quente com asfalto polímero – Camada Porosa de Atrito.
- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por borracha.
- ANP R-31/2007 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS.
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente.

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

4. DEFINIÇÃO

- 4.1. Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução de camadas asfálticas de pavimento produzidas em usina apropriada e com a utilização de ligante asfáltico modificado por polímero ou borracha, agregados minerais, material de enchimento (fíler) e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços.
- 4.2. A Mistura Asfáltica a Quente do tipo Camada Porosa de Atrito - CPA só deve ser aplicada onde a camada subjacente for perfeitamente impermeável. Caso contrário, esta deve ser impermeabilizada previamente.

5. MATERIAL

5.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O tipo de ligante asfáltico será Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha, e deve atender aos parâmetros fixados pela Tabela 1.

Tabela 1

Características do Ligante Modificado por Polímero SBS (CAP - M)
Classe "M" 65PA / 80RE

Ensaio	Unidade	Especificação	
		Mínimo	Máximo
Penetração a 25°C (ABNT-NBR 6576)	0,1 mm	45	-
Ponto de amolecimento (ABNT-NBR-6560)	°C	65	85
Recuperação elástica por torção (NLT-329)	%	80	-
<u>Ponto de fulgor</u>	°C	235	-
Estabilidade ao armazenamento (DNIT ME-384) - Amostra de 500 g de CAP - M em estufa a 163°C, 5 dias	Unidade	Especificação	
Diferença de ponto de amolecimento	°C	-	4
Diferença na Recuperação elástica por torção	%	-	3

Todo carregamento de Ligante Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha, que chegar à obra deve apresentar certificado de análise do fornecedor do produto com os resultados dos ensaios especificados na Tabela 1, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade.

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios para conferir a confiabilidade dos resultados enviados. Caso haja distorções que não possam ser justificadas pelo fornecedor, ele será vetado para novos fornecimentos de produtos para as obras em execução pela ARTERIS.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

5.2. ADITIVOS

É obrigatória a adição de Cal Hidratada CH-I ou Cimento Portland.

Na execução do projeto de mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) para verificar a compatibilidade do agregado com o asfalto.

5.3. AGREGADOS

Os agregados devem ser provenientes de britagem. Agregados com absorção de água maior que 1,5% requerem cuidados especiais para evitar a saturação deles, como por exemplo, mantendo os depósitos de agregados cobertos, para evitar a heterogeneidade da massa em função da variação na absorção e teor de asfalto, provocada pela alternância de presença e ausência de água nos poros dos agregados.

5.3.1. Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 2, as seguintes propriedades:

- Suas partículas individuais, retidas na peneira # 10 (2,00 mm) deverão ser constituídas de fragmentos duros, sãos, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.
- Os agregados graúdos não poderão ser de origem calcária (reagente ao ácido clorídrico) devido à sua susceptibilidade de polimento pela ação do tráfego.

Tabela 2 – Exigências de Propriedades para o Agregado Graúdo

Face Fraturada, Agregado Graúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS TP-61)	Desgaste por Abrasão Los Angeles, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ABNT-NBR 6465)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 3:1 (ARTERIS D-4791)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 5:1 (ARTERIS D-4791)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T-104)
95	30	20	5	12

5.3.2. Agregado Miúdo

A Matriz da rocha do agregado miúdo deve ter as mesmas características da do agregado graúdo ou atender aos mesmos parâmetros, caso a origem seja diferente, além das Exigências da Tabela 3.

Tabela 3 – Exigências de Propriedades para o Agregado Miúdo

Teor de Vazios Não Compactado de Agregado Miúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS-T-304 Método A)	Adsorção de Azul de Metileno, Agregado Miúdo, Valor Máximo (ARTERIS-T-330)	Equivalente de Areia, Mistura de Agregados, Porcentagem Mínima (ABNT-NBR 12052)
45	7	60

5.4. MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILLER)

Deve ser usado Cimento Portland ou Cal Hidratada CH-I, com no mínimo 45% de óxido de cálcio (CaO) e deve atender a seguinte granulometria (ARTERIS T-27):

Tabela 4

Peneira	% passa. Mínima
#40	100
#80	95
#200	65

A porcentagem de cal hidratada ou cimento na mistura deve ser, no mínimo 1,5%. A porcentagem mínima de cal é função da capacidade do sistema de alimentação manter um fluxo constante.

A cal hidratada ou cimento deve ser adicionada aos agregados antes da passagem pelo secador da usina.

5.5. PARÂMETROS PARA O PROJETO DE DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA

O projeto de dosagem da mistura asfáltica será elaborado pela Construtora, sob sua inteira responsabilidade e verificado em laboratório indicado pela concessionária.

Para a elaboração do projeto da mistura deve ser adotada a Especificação Técnica “ET-001 para projeto de misturas asfálticas a quente”.

A Construtora deve enviar o projeto de mistura e materiais a serem utilizados com antecedência mínima de 30 dias antes do início dos serviços para aprovação.

O projeto de mistura deve ser revisado sempre que a Densidade Efetiva do Agregado variar mais que 0,040g/cm³ em relação à do traço aprovado.

A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros da Tabela 5.

Tabela 5

Parâmetro	Unidade	Especificação	
		Mínimo	Máximo
Porcentagem de vazios – ARTERIS ME T-269	(%)	18,0	22,0
Desgaste por abrasão ao Cantabro DNIT ME 383	(%)	-	20,0
Resistência a tração por compressão diametral – ARTERIS ME T-003	(MPa)	0,55	-
Danos por umidade induzida – ARTERIS ME T-283	(%)	80,0	-
Escorrimento – ARTERIS ME T-305	(%)	-	0,3
Cal hidratada CH I na mistura	(%)	1,5	-
Porcentagem de ligante modificado por polímero ou borracha	(%)	4,0	-

Os requisitos granulométricos devem atender a uma das faixas apresentadas na tabela 6. A faixa granulométrica a ser utilizada será definida no projeto.

Tabela 6

Peneira		Porcentagem que passa pela peneira								
ASTM	mm	CPA Faixa II		CPA Faixa III		CPA Faixa IV		CPA Faixa V		Faixa de Trabalho
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
3/4"	19	100	100	100	100	100	100	100	100	± 7
1/2"	12,5	100	100	100	100	100	100	70	100	± 7
3/8"	9,5	70	100	80	90	70	90	50	80	± 7
Nº 4	4,8	20	40	40	50	15	30	18	30	± 5
Nº 10	2,0	5	20	10	18	10	22	10	22	± 5
Nº 40	0,42	3	12	6	12	6	13	6	13	± 5
Nº 80	0,18	2	8	4	8	4	9	4	9	± 3
Nº 200	0,075	0	4	3	6	3	6	3	6	± 2

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para o traço em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

6. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

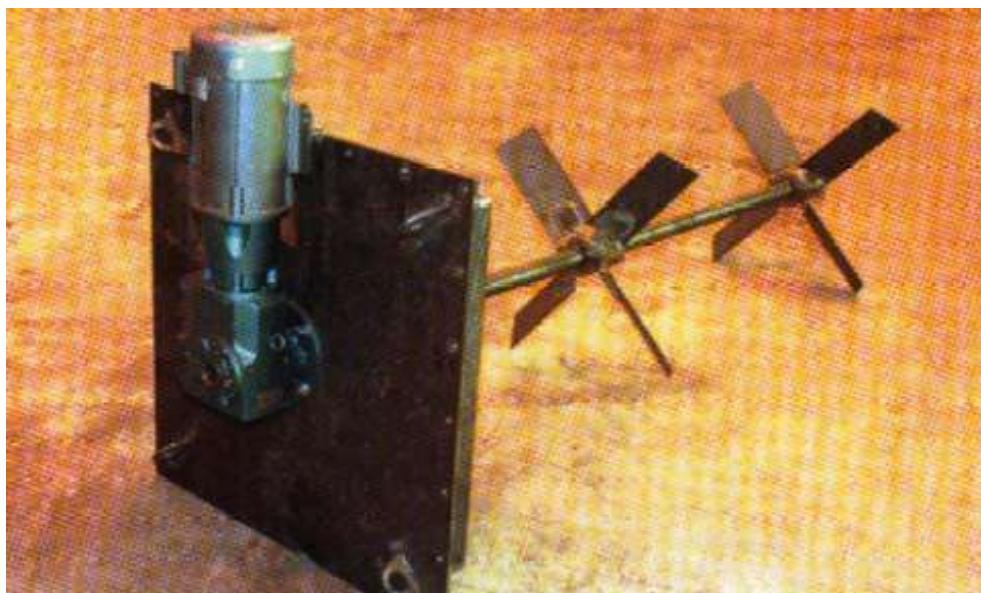
6.1. DEPÓSITO PARA LIGANTE ASFÁLTICO

Os depósitos para o ligante asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta especificação. O aquecimento dos tanques deve ser feito com óleo térmico e a caldeira deve atingir a uma temperatura de, no mínimo, 205°C.

Não será permitido de forma alguma o uso de maçaricos de fogo direto.

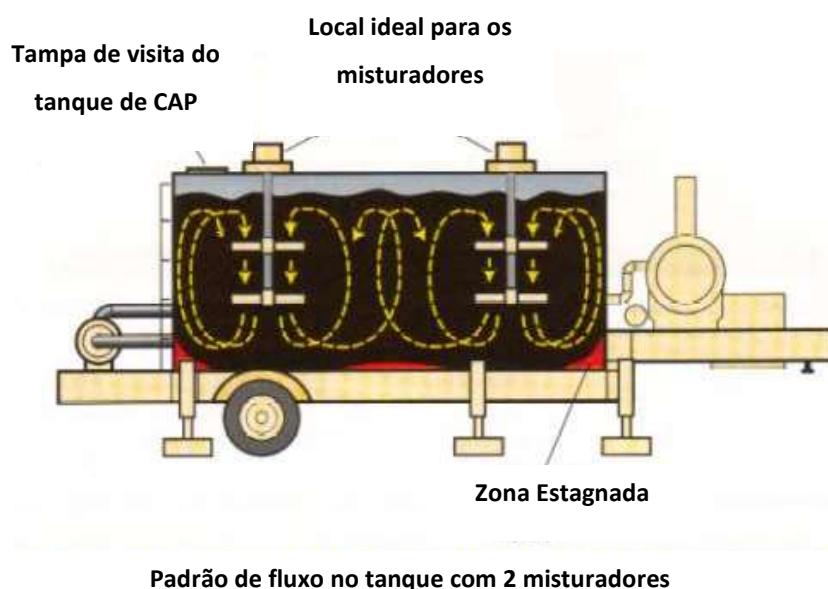
Os depósitos devem possuir um sistema, mecânico, de agitação contínua para garantir a estabilidade e homogeneidade do ligante.

A seguir é mostrado um modelo do sistema acima mencionado.



Modelo dos misturadores para serem utilizados nos tanques

Posição dos Misturadores no Tanque de Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha.



Devem possuir também um sistema de recirculação para o ligante Asfáltico, de modo a garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, 3 dias de operação.

6.2. DEPÓSITO PARA AGREGADOS

O local onde serão depositados os agregados a serem utilizados na confecção da mistura deve estar limpo, preferencialmente coberto, com as pilhas identificadas e bem separadas para evitar mistura ou contaminação dos mesmos. Se for constatada qualquer contaminação em qualquer pilha, esta deve ser imediatamente removida da área de estoque.

Caso haja contaminação das pilhas, os trabalhos na usina devem ser paralisados até que o problema seja sanado.

6.3. USINA PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

Usinas de fluxo paralelo não devem ser utilizadas para misturas asfálticas com asfaltos modificados. Deve ser homologada previamente pela ARTERIS.

A usina de asfalto deve ser capaz de preparar uma massa uniforme, sem segregação e na temperatura determinada pelas especificações. Deve estar equipada com os seguintes equipamentos:

6.3.1. Silos de entrada de materiais (FRIO)

Os silos frios devem ser divididos em compartimentos identificados, dispostos de modo a separar e estocar adequadamente as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivo adequado de dosagem e descarga, que permita uma dosagem das quantidades de materiais de acordo com o projeto de mistura (traço) aprovado pela ARTERIS.

Deve também ter um silo adequado para a adição de Cal hidratada CH-I que permita sua incorporação à mistura sem perdas. Este silo deve estar conjugado com o sistema de dosagem automática da usina.

A Cal Hidratada CH-I deve ser adicionada aos agregados na correia transportadora, junto aos silos frios.

6.3.2. Secador

O secador da usina deve estar equipado com dispositivos para aquecer a mistura seca de agregados até a temperatura recomendada. A chama do maçarico não pode em hipótese nenhuma entrar em contato com o ligante.

Deve possuir um dispositivo de medição de temperatura, com informações dentro da cabina de comando, de maneira a permitir ao operador da usina monitorar a temperatura da mistura.

Caso esta condição não seja atendida, a usina deve ser paralisada até que a empresa promova os ajustes necessários.

6.3.3. Sistema de recuperação de finos

A usina deve ter um sistema de recuperação de finos adequado que permita a devolução dos mesmos à mistura.

6.4. CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte da mistura asfáltica a quente tipo CPA, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com nata de Cal hidratada (3 x 1) ou água e sabão, ou outro produto previamente aprovado, de modo a evitar a aderência da mistura ao fundo ou parede dele.

Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis para dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina etc.).

6.5. EQUIPAMENTO PARA ESPALHAMENTO

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, nas cotas e abaulamentos requeridos. Deve ser equipada com rosca sem-fim para espalhar a mistura sem

segregação, possuir dispositivo rápido e eficiente de direção, além de marcha para frente e para trás. Deve ser equipada com sistema de vibração que permita uma pré-compactação na mistura espalhada e com dispositivo de aquecimento da mesa para evitar que a mistura agarre na mesma e prejudique o acabamento. Deve estar equipada com sistema de controle de nível (espessura) eletrônico nos dois lados da mesa.

A mesa não deve deixar marcas longitudinais na massa espalhada, devendo estar bem ajustadas as emendas das extensões.

No início da jornada, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura definida pela Especificação para temperatura de descarga.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser removidas. Não se admite correção da camada por meio de ancinhos e rodo metálicos (rastelos).

Caso no espalhamento, se constate pontos segregados, tanto finos como grossos, ondulações transversais e/ou riscos longitudinais, resultados da má operação da pavimentadora, o serviço deve ser paralisado até a sua correção.

6.6. EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

O equipamento para a compressão deve ser rolo tandem liso vibratório e deve vibrar, no mínimo, 2.400 VPM.

7. EXECUÇÃO

7.1. SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR

A superfície a ser pavimentada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve estar seca e limpa, sem presença de pó ou materiais soltos.
- Imediatamente antes de pavimentar deve ser feita uma pintura de ligação com emulsão RR-1C ou RR-2C nas taxas, aproximadamente:

Pavimento novo:	0,15 - 0,3 l/m ² (resíduo)
Pavimento antigo, em cima de camadas já oxidadas	0,2 - 0,4 l/m ² (resíduo)

- Caso o caminhão espargidor não tenha condições de espargir esta taxa, a emulsão pode ser recortada com 50% de água.
- Devem ser coletadas amostras da emulsão no caminhão espargidor e feita uma determinação expedita do resíduo antes da aplicação. A taxa deve ser ajustada em função da porcentagem de resíduo encontrada.
- A pintura de ligação deve ser feita obrigatoriamente com a barra espargidora. A caneta só deve ser usada para correção de pontos falhos ou de difícil acesso.
- O tráfego de caminhões sobre a pintura só é permitido após o rompimento e cura da emulsão.

7.2. CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura asfáltica deve ser confeccionada em uma usina de asfalto conforme Especificada no Item 6 e obedecer aos seguintes critérios:

- Os agregados devem ser homogeneizados com a carregadeira antes de serem colocados nos silos frios,
- As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do traço e dos agregados,
- Estar de acordo com o projeto de mistura aprovado, tanto na granulometria quanto teor de ligante,
- Obedecer aos parâmetros definidos para a temperatura da mistura,
- A cal hidratada CH I deve estar dispersa no meio dos agregados, principalmente graúdo, antes de entrar em contato com o ligante.
- Não apresentar deficiências de mistura, apresentando agregados não misturados (Massa carijó),
- Não apresentar variações bruscas de temperatura de mistura, demonstrando falta de controle de alimentação ou secador desregulado.

- A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba (1º à frente, 2º a traseira e depois o meio).
- A mistura só pode ser estocada ou mantida de um dia para outro se houver silos apropriados na usina ou se as caçambas tiverem proteção contra o resfriamento da massa. Para isto deve ser feita a correção do teor de asfalto devido à absorção do agregado, dado o tempo de estocagem.

7.3. TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico deve ser transportado em caminhões basculantes e atender aos requisitos Especificados no Item 6. Além disto, devem ser observados os seguintes critérios:

- O Caminhão carregado deve estar coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura, sobrepassando a caçamba nas laterais e na traseira. Deve estar bem fixada na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura asfáltica.
- O tempo máximo admissível entre a carga do caminhão na usina e a descarga na pista é de 3 horas. Misturas que excederem este tempo deverão ter permissão especial do Engenheiro Fiscal da Obra, para descarga.
- A troca de caminhões deve ser rápida, de maneira a reduzir o tempo de parada da acabadora.

7.4. DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição da mistura deve ser feita em pavimentadoras automotrices e atender à Especificação do Item 6.

Além disto, deve apresentar os seguintes requisitos:

- A temperatura ambiente e do piso deve estar acima de 10° C.
- Na partida da acabadora, devem ser colocadas 2 a 3 réguas com a espessura da camada mais o empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.
- A mistura deve apresentar uma textura uniforme, sem pontos segregados. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, devendo

essas serem consideradas como exceção. Caso a correção seja frequente, a pavimentadora deve ser ajustada ou substituída por outra.

- A mesa da pavimentadora deve ter uma superfície lisa, sem riscos que deixem marcas de arraste de material. Caso se constate este arraste, os serviços devem ser paralisados e o defeito sanado imediatamente.
- Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela pavimentadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.
- A velocidade da acabadora deve ser definida em função da capacidade de produção da usina, de maneira que ela esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões, acima de 15 minutos. A velocidade da acabadora deve estar sempre, entre 2,5 e 10,0 m/minuto. A velocidade de trabalho deve ser determinada em função da espessura e largura a espalhar e produção da usina acrescida de 20%, para evitar paralisações prolongadas.
- A acabadora deve trabalhar com sistema eletrônico de nível, com esqui de comprimento mínimo de 6,00 m.
- Se a acabadora parar mais de 15 minutos, deve ser removida da pista, e dar um novo início na chegada do caminhão.

7.5. COMPRESSÃO DA MISTURA

Esquemas alternativos de rolagem poderão ser adotados, desde que previamente aprovados pela ARTERIS.

Prioritariamente deve ser adotado o descrito abaixo:

- A compressão da mistura deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento (menos de 1 minuto) e o equipamento deve atender à Especificação do Item 6.
- A rolagem deve ser somente com rolo tandem sem vibrar logo após o espalhamento.
- A compressão deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.
- Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.

- Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente.
- A água no rolo tandem deve estar pulverizada, não se permitindo o escorrimento dela por gravidade pelo tambor e empoçamento na superfície da camada.
- A mistura compactada na pista deve apresentar teor de vazios (ARTERIS T-269) mínimo de 20 % da Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) determinada em 9.3.e.
- Os critérios de avaliação e aceitação da compactação estão discriminados no item 9.4.a
- A abertura ao trânsito de veículos só é permitida após o completo resfriamento da camada espalhada.

8. MANEJO AMBIENTAL

O manejo ambiental deve seguir na íntegra o disposto no item 6 da especificação DNIT 0386-ES - Pavimentação – Pré-Misturado a quente com asfalto polímero – Camada Porosa de Atrito.

9. CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL

O controle de qualidade da obra é de total responsabilidade da Construtora Contratada para execução dos serviços.

Todos os materiais a serem empregados na obra devem ser testados em laboratório obedecendo à metodologia indicada no item 2.

A quantidade de ensaios, no início dos serviços, deve ser determinada pelo REPRESENTANTE DA ARTERIS e será reduzida à frequência mínima depois de constatada a homogeneidade na execução dos serviços.

Esta quantidade mínima também deve ser aumentada sempre que se constate variações abruptas nos resultados dos ensaios ou visualmente na aparência da mistura, indicando uma falta de controle na execução dos serviços.

Os materiais devem satisfazer às Especificações em vigor e frequência mínima indicada a seguir.

9.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará do seguinte:

- a) 1 Ensaio Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados, pelo Método de Torção (ARTERIS T-329) para todo carregamento de Asfalto Modificado que chegar à obra.
- b) 1 Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT – NBR 6560) para todo carregamento que chegar à obra.
- c) 1 Ensaio de Penetração (ABNT- NBR 6576) para todo carregamento que chegar à obra.

Se, nos ensaios acima realizados, de aceitação do carregamento, houver algum valor que não atenda às especificações da obra, o material está recusado e não pode ser descarregado.

9.2. AGREGADOS

Os ensaios de controle de qualidade dos agregados devem ser os seguintes:

- a) Na aprovação do traço ou quando se perceber alteração da matriz do agregado na pedreira deverão ser feitos todos os ensaios previstos no item 5.3,
- b) 1 Ensaio de Granulometria de cada agregado (ARTERIS T-27) (coletado dos silos frios) por dia de trabalho.
- c) 1 Ensaio de Equivalente de Areia - ABNT-NBR 12052 por dia.
- d) 1 Ensaio de Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - ARTERIS T-330 por semana.
- e) 1 ensaios de Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ARTERIS D-4791 por semana.

9.3. MISTURAS ASFÁLTICAS

- a) 2 Ensaios (mínimo) de teor de asfalto pelo método Rotarex (ARTERIS T-164 método A) e granulometria (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto a cada jornada de 8 horas (A quantidade mínima de material para cada ensaio deve ser de 1.500 g).
- b) 1 Ensaio de teor de asfalto pelo método Soxhlet (ARTERIS T-164 método F ou G) e granulometria (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto (A quantidade mínima de material para cada ensaio deve ser de 1.500 g) por dia para ajuste do desvio do ensaio no Rotarex.
- c) 1 Ensaio de Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas usando Selagem Automática a Vácuo (ARTERIS T-331), por jornada de 8 horas.
- d) 1 Ensaio de danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) por semana – Se a amostra ensaiada não for aprovada, corpos de prova devem ser extraídos da pista relativos ao período de execução, e devem ser testados por este método de ensaio.
- e) 1 Ensaio de Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) por dia, no mínimo.

9.4. PISTA

- a) Devem ser realizados ensaios de Densidade (ARTERIS T-331) de corpos de prova extraídos via sonda rotativa. Estes corpos de prova deverão ser enviados imediatamente ao Laboratório de Controle indicado pela Concessionária. A construtora pode a seu critério, extrair corpos de prova em duplicata para seu controle. A frequência dos Ensaios de Densidade será sempre aumentada no início dos serviços ou quando houver falhas e/ou variação nos ensaios anteriores, a critério do REPRESENTANTE DA ARTERIS. Este ensaio será feito com o objetivo de se determinar o Índice de Vazios da Mistura Compactada (ARTERIS T-269), conforme descrito no item 7.5. A comparação será feita com a média dos 2 resultados de Massa Específica Máxima (ARTERIS T-209) do dia da aplicação da massa (item 9.3.f).

O cálculo dos valores máximo e mínimo de vazios será conforme descrito abaixo:

$$X_{\max} = \bar{X} + Kd \quad \text{e} \quad X_{\min} = \bar{X} - Kd$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X – média de resultados dos corpos de prova na análise estatística;

X_i – valor individual de um corpo de prova;

σ - desvio padrão dos corpos de prova na análise estatística;

k – coeficiente multiplicador em função do número de amostras.

Critério de aceitação (Para faixas granulométricas de camadas de Rolamento):

Tipo de Análise (Determinística):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova apresentarem volume de vazios dentro dos limites de $18\% < X_i < 22\%$. Se esta condição não for atingida o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tipo de Análise (Estatística):

O segmento será aceito se “ X_{min} ” $> 18\%$ e “ X_{max} ” $< 22\%$. Se esta condição não for atendida o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

b) O controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (idem, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura). Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nos corpos retirados da pista.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X_{\min} = \bar{X} - Kd ,$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

e K é dado em função do número “N” de amostras, pela Tabela 5:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se: $X_{\min} \geq 0,95P$

Onde:

P= Espessura de projeto

Se esta condição não for atendida o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tabela 7 - Amostragem Variável

N	Número N de amostras																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

k = coeficiente multiplicador

- c) O controle de deflexões deve ser executado pelo contratado e acompanhado pelo representante da ARTERIS e obedecer aos parâmetros fixados no projeto de restauração ou construção. A sua frequência, se não definida no projeto, deve ser de 20 m de faixa, no mínimo. Para a medida de deflexão pode ser usada viga Benkelman ou outro equipamento previamente aprovado pelo representante da ARTERIS;
- d) O controle de acabamento da superfície do revestimento deve ser feito com auxílio de duas réguas, uma de 4,00m e outra de 0,90m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. Este

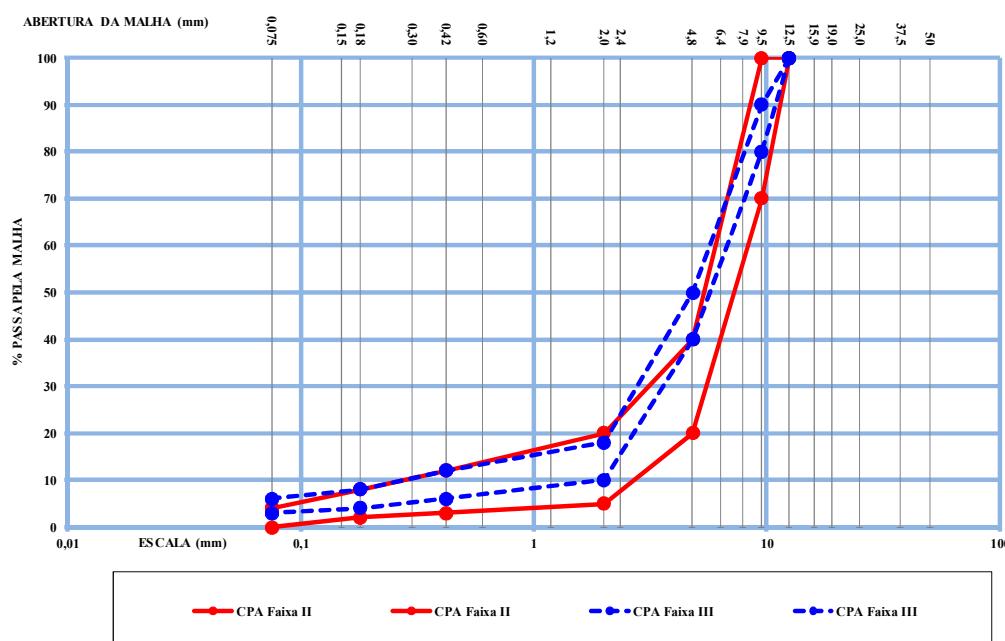
ensaio deve ser realizado imediatamente após a compactação e antes da abertura da pista ao tráfego. Todas as áreas que não atenderem a estes parâmetros devem ser corrigidas pela Empresa Construtora.

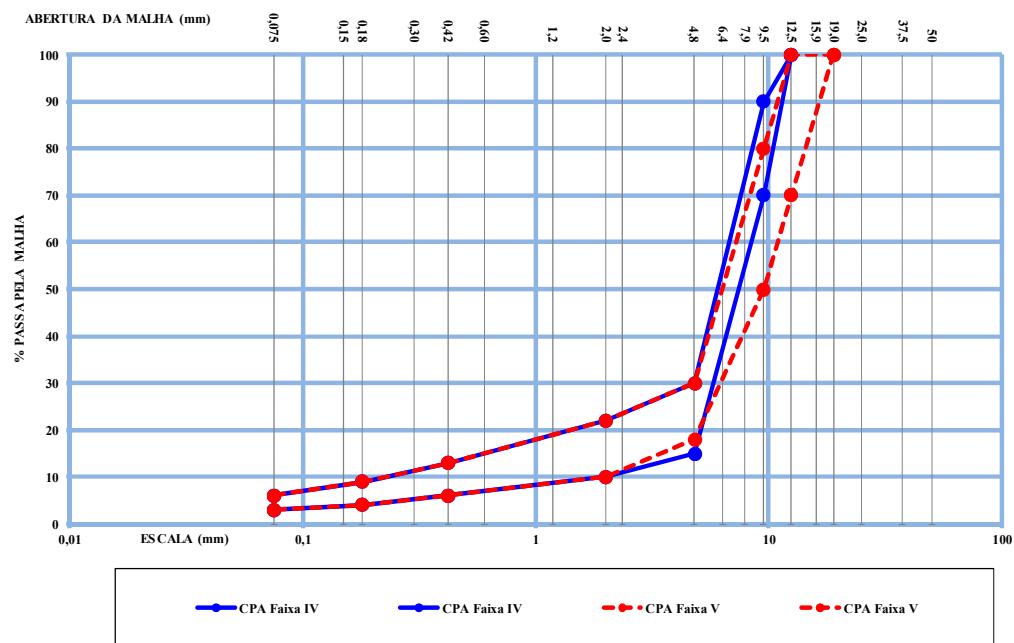
e) Avaliação de superfície, expressa pela irregularidade longitudinal, pelo parâmetro QI - (contagens/km), ao longo do trecho recuperado, deve atender aos seguintes requisitos no cálculo estatístico:

- A média das medidas de QI do segmento executado deve apresentar valor inferior a 26.
- O valor de QI, calculado estatisticamente para 80% das leituras feitas no segmento executado, deve ser inferior a 26;
- No segmento não poderá apresentar nenhum valor individual acima de 35.
- Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada.

A medição da área executada só será feita depois de verificado o atendimento aos parâmetros acima especificados.

10. COMPARAÇÃO DAS FAIXAS GRANULOMETRICAS





11. APÊNDICE

Tabela 9 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade de pista

Frequência (1 dia de serviço)	Amostragem		Parâmetros de análise					Tipo de análise	Critério de aceitação
	Número de CP's para ensaio	Número de CP's para contraprova*	Volume de Vazios (%)	Teor de ligante (%)	Espessura (cm)	IRI (Condição construtiva)	Construção ou recuperação de base, sub-base e/ou subleito		
Extensão dos segmentos									
<= 20 m	1	1	3% < Xi < 7% (Rolamento)	± 0,2 Teor de Projeto	Xmin ≥ 0,95 Espessura de Projeto	-	-	Determinístico	Se algum parâmetro não atende = rejeição
20 < X <= 50m	2	2	3% < Xi < 8% (Binder)			-	-	Determinístico	
50 < X <= 100m	3	3	X +σk < 7% (Rolamento) X -σk > 3% (Rolamento) X +σk < 7% (Binder) X -σk > 3% (Binder)			≤1,9 (IRI) ≤25 (QI)	≤1,6 (IRI) ≤21 (QI)	Determinístico	
>100 m	Mínimo 5 CP's Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	Mínimo 5 CP's Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	X +σk < 7% (Rolamento) X -σk > 3% (Rolamento) X +σk < 7% (Binder) X -σk > 3% (Binder)	± 0,2 Teor de Projeto	Xmin ≥ 0,95 Espessura de Projeto	≤1,9 (IRI) ≤25 (QI)	≤1,6 (IRI) ≤21 (QI)	Estatística	Se algum parâmetro não atende = rejeição

Tabela 10 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para controle de qualidade geral

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM	DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-028	ARTERIS ET-001
AGREGADOS	DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 15%	ARTERIS T-104
	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 45%	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	Máximo 20% na Relação 1: 3	ARTERIS D- 4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 ensaio por semana	> 60%	ABNT NBR-12052
	GRANULOMETRIA AGREGADOS (BRITAGEM)	1 ensaio por dia	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. FINOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-84
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. GRAUDOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-85
ASFALTO	AZUL DE METILENO	Na dosagem ou material mudar	< 8 mg/g	ARTERIS TP-330
	VISCOSIDADE	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 192 s	ABNT NBR-14950
	SAYBOLT-FUROL 135°C	Em toda carreta (CAP 50-70)	> 141 s	
	VISCOSIDADE	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 90 s	ABNT NBR-14950
	SAYBOLT-FUROL 150°C	Em toda carreta (CAP 50-70)	> 50 s	
	VISCOSIDADE	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 40 s	ABNT NBR-14950
	SAYBOLT-FUROL 175°C	Em toda carreta (CAP 50-70)	> 30 s	
RELAÇÃO VISCOSIDADE X TEMPERATURA		Com os resultados dos ensaios de controle 135 - 150 e 175°C	Temperatura de mistura-> 85 + 10 s Temperatura de compactação-> 140 + 15 s	ABNT NBR-14950
Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação, devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.				

RECUPERAÇÃO ELÁSTICA POR TORÇÃO	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 65 %	ARTERIS T-329
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	> 45 %	
PENETRAÇÃO	Em toda carreta (CAP 30-45)	30 a 45	ABNT NBR-6576
	Em toda carreta (CAP 50-70)	50 a 70	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	40 a 70	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	30 a 70	
PONTO DE AMOLECIMENTO °C	Em toda carreta (CAP 30-45)	> 52	ABNT NBR-6560
	Em toda carreta (CAP 50-70)	> 46	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 60	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	> 55	
ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA	Em toda carreta	-1,5 a + 0,7	-
ESPUMA A 175°C	Em toda carreta	Não espumar	-
USINA	GRANULOMETRIA SILOS QUENTES	1 ensaio por dia	Projeto
	UMIDADE PONDERADA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	< 2% Recomendação
	TEMPERATURA AGREGADOS SILOS QUENTES	Regularmente	< 187°C verificar termômetro dos silos

	TEMPERATURA CAP	Regularmente	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s	verificar termômetro dos tanques
	TEMPERATURA DA MASSA NA USINA	Em todo caminhão	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s	-
	PORCENTAGEM DA CAP	3 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto $\pm 0,2\%$	ARTERIS T-164
	GRANULOMETRIA DA MASSA	3 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS T-30
	DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA- RICE	2 ensaios por dia	Projeto	ARTERIS T-209
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	$> 10 \text{ kgf/cm}^2$	DNIT ME-138
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	1 ensaio por semana	RRT $> 80\%$ (DUI)	ARTERIS T-283
	MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA (Marshall)	1 ensaio (3 CPs) por cada 4 hs de trabalho	75 golpes soquete Marshall / face	ARTERIS T-166
	DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Projeto	ARTERIS T-166
	TEOR DE VAZIOS (LABORATÓRIO)	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS T-269
	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS ET-35
	VAZIOS DO AGREGADO MINERAL	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS ET-35
PISTA	TEMPERATURA DA MASSA	Em todo caminhão	mínimo 145 graus centígrados	Medir
	EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Extrair com máquina Rotativa
	COMPACTAÇÃO	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	ARTERIS T-331
	VAZIOS DE PISTA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	ARTERIS T-269

	MEDIDA DE IRREGULARIDADE	a cada km	< 26 contagens por km	ARTERIS ET-008
	MEDIDA DE ATRITO	A cada 100m	GN > 0,30	Grip Number
	DEFLEXÕES - VIGA BENKELMAN	Projeto define ou mínimo cada 20 m de faixa	Dc= X+σ ≤ Dproj.	DNIT-ME 24
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	de acordo com a extração de CP's na pista	+ 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 1000 m por faixa. Em pontos isolados + - 10%	Fazer média de 4 medidas diametralmente opostas

Especificação Particular

ARTERIS ES 029 – SELAGEM DE TRINCAS

1. RESUMO

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de selagem de trinca. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, ensaios, manejo ambiental, controle de qualidade, condições de conformidade e não conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- ANP R-32/2010 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS.
- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus.
- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento.
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração.
- ARTERIS T-329 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção - NLT 329.
- ABNT-NBR 14950 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade “Saybolt-Furol”.

3. DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma, aplica-se a seguinte definição:

A técnica da selagem de trinca consiste na aplicação de uma película de asfalto modificado sobre uma trinca inativa, de uma maneira geral, isoladas, longitudinalmente ou transversalmente sem esborcimento.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. O ligante asfáltico não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for menor que 10 °C decrescente, em dias de chuva, ou quando a superfície a ser pintada apresentar qualquer sinal de umidade.
- 4.2. Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.
- 4.3. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

- 5.1.1. Para efetuar a selagem da trinca mediante a técnica simples, deve-se utilizar asfaltos modificados por polímero ou borracha. O material deve estar em conformidade com os requisitos prescritos na tabela abaixo.

Ensaio	Método	Limites	
		Mínimo	Máximo
Adesividade, sem imersão, -29°C, 3 ciclos completos	ASTM D 5329	Aprovar	-
Compatibilidade com o CAP, a 60°C	ASTM D 5329	Aprovar	-

Ductilidade a 25 °C, cm	ASTM D 113	30 cm.min	-
Fluência, a 60°C, 5 horas em mm	ASTM D 5329	-	3
Penetração com agulha, 25°C, 100 g, 5s	NBR 6576	40	-
Penetração com cone, sem imersão, 25 °C, 150g, 5s	ASTM D 5329	30	90
Ponto de amolecimento, °C	NBR 6560	80	-
Resiliência, 25°C	ASTM D 5329	60%	-
Retorno Elástico a 25°C	NBR 15086	90%	-
Retorno Elástico por torção a 25°C	NLT 329	60%	-
Temperatura de aquecimento de segurança, °C	---	-	210
Temperatura recomendada de escorramento, °C	---	185	195
Tensão aderida, %	ASTM D 5329	500%	-
Teor de CAP, %	ASTM D 4	60%	-

Todo material deve ser previamente aprovado pela fiscalização.

5.1.2. Tipos de trinca que podem ser tratadas com o sela trinca:

- Trincas longitudinais: Estas trincas ocorrem longitudinalmente ao longo do pavimento e são causadas por tensões térmicas e/ou cargas de tráfego. Elas ocorrem, com frequência, nas juntas entre faixas adjacentes ou entre um faixa de rodagem e o acostamento, onde a densidade da CBUQ é menor e os vazios são mais elevados. As trincas longitudinais podem ser associadas com o desprendimento de agregados devido à fraca adesividade ou descolamento de película.
- Trincas transversais: Estas trincas ocorrem perpendicular à linha central do pavimento, ou na direção do espalhamento da massa. As trincas transversais são geralmente causadas pela contração induzida termicamente a baixas temperaturas. Quando a tensão de tração devido à contração excede a resistência à ruptura da superfície do pavimento de CBUQ, as trincas ocorrem.
- Trincas em bloco: Estas trincas formam blocos regulares e são o resultado de endurecimento do asfalto com o envelhecimento juntamente com a retração devido ao tempo frio

5.2. Equipamentos

O equipamento necessário para a distribuição do material de selagem deverá dispor dos seguintes elementos:

- Sistema de aquecimento indireto por banho de óleo;
- Termômetro que permita medir a temperatura do ligante no banho de óleo;
- Dispositivo automático de controle de temperatura;
- Bomba impulsora de asfalto, que é imprescindível contar com uma mangueira convenientemente isolada termicamente e com sistema de recirculação, para evitar o endurecimento antes que ocorra a interrupção do fluxo de asfalto, durante a distribuição do material;
- Elemento de distribuição que permita o espalhamento com espessura e largura constante e uniforme;
- Compressor de ar com capacidade suficiente para a limpeza da trinca, com espingarda sopradora, e com um sistema de aquecimento de ar a uma temperatura superior a 80°C;
- Caminhão baú, para transporte do equipamento e sinalização,
- Van para transporte da equipe de selagem
- Sinalização de obra conforme especificação Arteris.

5.3. Execução

5.3.1. Condições Gerais

A superfície a ser selada deverá estar limpa, seca e livre de fragmentos que não estejam firmemente aderidos a borda da trinca.

Para tanto é necessário, efetuar-se uma limpeza enérgica mediante a uma pressão de ar comprimido, se necessário, por uma prévia escovação mecânica, para remover as bordas da trinca que não se encontram firmemente aderidas.

A largura envolvida na limpeza e secagem deverá ultrapassar em 2 cm da largura de selagem.

É de fundamental importância suspender a selagem das trincas quando o pavimento estiver úmido ou quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C, para evitar problemas de desprendimento do material de selagem. A temperatura do revestimento na região da trinca deve ser superior a 80°C.

5.3.2. Colocação do Selo Asfáltico

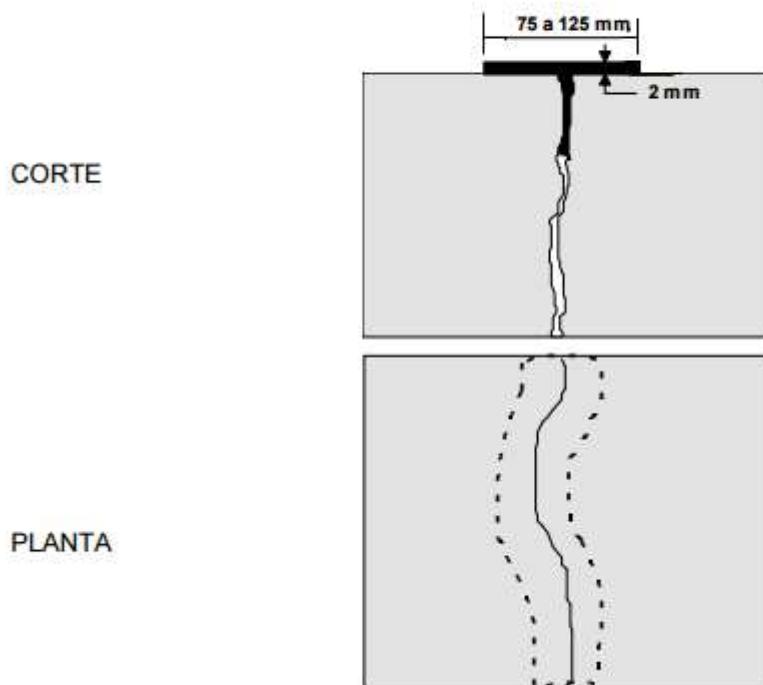
O material asfáltico não pode ultrapassar, em hipótese alguma, a temperatura de 205°C.

A técnica de selagem Simples baseia-se na colocação de uma capa delgada (2 mm de espessura, aproximadamente) que cubra a trinca (formando uma “ponte”), aderindo-se na superfície adjacente. Deve-se executar uma correta distribuição superficial do material de selagem.

A largura de distribuição é variável de acordo com cada tipo de trinca (quanto a sua largura, linearidade e atividade), usualmente varia entre 75 e 125 mm, a trinca deve estar situada numa região média da largura de distribuição. Deve-se evitar a interrupção da distribuição do material em cada trinca tratada, assegurando sempre, que o fluxo de material seja constante.

Quando houver a necessidade de abertura rápida ao tráfego e estando ainda material de selagem em alta temperatura, deverá executar-se um polvilhamento com um pouco de talco industrial, para evitar-se a aderência nos pneus dos veículos.

CROQUI: EXECUÇÃO DE SELAGEM SIMPLES



6. MANEJO AMBIENTAL

Objetivando a preservação ambiental, deverão ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos, e/ou instituídos, no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Plano Básico Ambiental – PBA e os Programas Ambientais.

7. INSPEÇÕES

7.1. Controle dos insumos:

7.1.1. O fornecedor do produto de selagem deve entregar junto ao produto o certificado de qualidade, no qual conste as prescrições exigidas para cada tipo de produto.

7.1.2. O material utilizado na execução da selagem de trinca deve ser rotineiramente examinado, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

7.1.3. O ligante deverá ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pela Arteris e satisfazer as especificações em vigor. Para todo carregamento que chegar à obra deverão ser executados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico:

7.2. Controle do produto terminado:

Uma vez aplicado o produto de selagem deve-se comprovar que não apresente defeitos tais como:

- Escorrimento ou degradação do produto de selagem em parte ou na sua totalidade;
- Presença de bolhas de ar no produto selado;
- Descolamento do produto selado da superfície adjacente a da trinca.

Caso ocorra alguns dos problemas acima, o material deve ser rejeitado e o fabricante deve ter o fornecimento suspenso e a utilização deste material necessita deve ser aprovado novamente em uma pista experimental.

8. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) a selagem será medida em metro linear, considerando o comprimento executado.
- b) Não serão motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais, transporte do ligante dos tanques de estocagem até a pista, armazenamento e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário.

Especificação Particular

ARTERIS ES 031 – STONE MATRIX ASPHALT - SMA

1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de Concreto Asfáltico usinado a quente tipo Stone Matrix Asphalt (SMA) para execução de camadas de revestimento nas Rodovias do grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração
- ARTERIS T-329 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção - NLT 329
- ABNT-NBR 14950 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade “Saybolt-Furol”
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO).
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia
- ARTERIS T-335 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO T-335-09

- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104
- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30.
- ARTERIS T 003 - Resistência a tração por compressão diametral de misturas asfálticas compactadas.
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209
- ARTERIS T-164 - Determinação da Percentagem de Ligante Asfáltico em Misturas Asfálticas a Quente - AASHTO T-164
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269
- ARTERIS T-166 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca - AASHTO T 166
- ARTERIS T-275 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras impermeabilizadas com parafina - AASHTO T 275
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida - AASHTO T-283
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
- ASTM 965 - Determinação da Rugosidade Superficial pela Altura de Areia

3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS

- DNIT 031-ES - Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço
- ANP R-19/2005 - Cimentos Asfálticos de Petróleo-Classificação por Penetração

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

- ARTERIS EM 013 - Especificação Particular para Fornecimento de Cimento Asfáltico Modificado por Polímero – CAP M.
- ANP R-32/2010 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS.
- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus
- ABNT-NBR 14594 - Emulsões Asfálticas Catiônicas
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente.
- ARTERIS ET-35 - Projeto Volumétrico Superpave para Misturas Asfálticas a Quente – AASHTO R-35
- ARTERIS ET-323 - Projeto Volumétrico Superpave de Mistura – AASHTO M-323

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

4. DEFINIÇÃO

Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução de camadas asfálticas de pavimento produzidas em usina apropriada e com a utilização de ligante asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (fíler), fibra de celulose e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços.

5. MATERIAL

5.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O tipo de ligante asfáltico será definido no projeto de pavimento e poderá ser um dos seguintes tipos:

- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS), e deve atender aos parâmetros fixados pela Especificação ARTERIS EM 013.
- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR), e deve atender aos parâmetros fixados pela Especificação da ANP R-39/2008, exceto a Recuperação Elástica que deve ser > 45% quando ensaiado pelo método de ensaio ARTERIS T-329.

Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve seguir as diretrizes da EM-200.
 ERIS).

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios para conferir a confiabilidade dos resultados enviados. Caso haja distorções que não possam ser justificadas pelo fornecedor, ele será vetado para novos fornecimentos de produtos para as obras em execução pela ARTERIS.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a temperatura de mistura deve ser aquela que atenda ao intervalo de viscosidade entre 75 e 95 Segundos Saybolt Furol (150 a 190 cP). Os agregados devem estar aquecidos, no momento da mistura, 10 a 15°C acima da temperatura do ligante. A temperatura mínima de descarga da mistura asfáltica na acabadora é aquela na qual a viscosidade Saybolt-Furol é de 140 SSF (280 cP).

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

Não se admitirá a descarga, sob nenhum conceito, de misturas cuja temperatura esteja abaixo deste valor. A compactação deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento aproveitando ao máximo a temperatura elevada da mistura para garantir a compactação.

5.2. ADITIVOS

É obrigatória a adição de 2,0% em massa de Cal Hidratada CH-I com no mínimo 45% de óxido de cálcio (CaO) e deve atender a seguinte granulometria (ARTERIS T-27):

Tabela 1

Peneira	% passa. Mínima
#40	100
#80	95
#200	65

A cal hidratada deve ser adicionada aos agregados antes da passagem pelo secador da usina, caso a usina não esteja disposta desta forma, será necessária uma visita da fiscalização da ARTERIS.

Na execução do projeto de mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) para verificar a compatibilidade do agregado com o asfalto.

5.3. AGREGADOS

Os agregados devem ser provenientes de britagem. Agregados com absorção de água maior que 1,5% requerem cuidados especiais para evitar a saturação deles, como por exemplo, mantendo os depósitos de agregados cobertos, para evitar a heterogeneidade da massa em função da variação na absorção e teor de asfalto, provocada pela alternância de presença e ausência de água nos poros dos agregados.

A adição de areia natural na mistura não é permitida.

5.3.1. Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 2, as seguintes propriedades:

- Suas partículas individuais, retidas na peneira # 10 (2,00 mm) deverão ser constituídas de fragmentos duros, sãos, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.

- Os agregados graúdos não poderão ser de origem calcária (reagente ao ácido clorídrico) devido à sua susceptibilidade de polimento pela ação do tráfego. Estes agregados poderão ser utilizados excepcionalmente com aprovação da ARTERIS, na falta de opção.

Tabela 2 – Exigências de Propriedades para o Agregado Graúdo

Face Fraturada, Agregado Graúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS TP-61)	Desgaste por Abrasão Los Angeles, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ABNT-NBR 6465)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 3:1 (ARTERIS D-4791)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T- 104)
95	40	20	12

5.3.2. Agregado Miúdo

O Agregado Miúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 3, as seguintes propriedades:

A Matriz da rocha deve ter as mesmas características da do agregado graúdo ou atender aos mesmos parâmetros, caso a origem seja diferente.

Tabela 3 – Exigências de Propriedades para o Agregado Miúdo

Teor de Vazios Não Compactado de Agregado Miúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS-T-304 Método A)	Adsorção de Azul de Metileno, Agregado Miúdo, Valor Máximo (ARTERIS-T-330)	Equivalente de Areia, Mistura de Agregados, Porcentagem Mínima (ABNT-NBR 12052)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Miúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T- 104)
45	5	65	12

5.4. MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILLER)

Deve ser usado Cimento Portland, Cal Hidratada CH-I ou fíler calcário

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

5.5. FIBRA DE CELULOSE

A porcentagem de fibra de celulose é definida pelo ensaio de gotejamento AASHTO T305/97 ou ensaio de drenagem de asfalto Schellenberg que tem um percentual de no mínimo 0,3%. O máximo de gotejamento ou drenagem é de 0,3% da massa da amostra. Este percentual deve ser confirmado durante a produção da massa na usina. Caso se perceba exsudação na pista, o percentual de fibra deve ser aumentado até que o problema seja sanado. Os trechos com problemas de exsudação devem ser removidos.

5.6. PARÂMETROS PARA O PROJETO DE DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA

O projeto de dosagem da mistura asfáltica será elaborado pela Construtora, sob sua inteira responsabilidade e verificado em laboratório indicado pela concessionária.

Para a elaboração do projeto da mistura deve ser adotada a Especificação Técnica “ET-001 para projeto de misturas asfálticas a quente”.

A Construtora deve enviar o projeto de mistura e materiais a serem utilizados com antecedência mínima de 30 dias antes do início dos serviços para aprovação.

O projeto de mistura deve ser revisado sempre que a Densidade Efetiva do Agregado variar mais que 0,040g/cm³ em relação à do traço aprovado.

A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros e aos requisitos granulométricos de uma das faixas apresentadas na tabela 4.

As misturas devem atender ao mínimo de Vazios do Agregado Mineral (VAM) – relação volumétrica - especificados de acordo com a faixa granulométrica correspondente.

O VAM está especificado como Relação Volumétrica, e o seu cálculo deve ser feito pela seguinte equação:

$$VAM = 100 - \frac{MaxPA}{Mba}$$

VAM = vazios no agregado mineral (total de vazios)

Ma = Massa específica aparente do CP

PA = Porcentagem de agregado combinado na mistura total

Mba = Massa específica aparente (SSS) do agregado combinado

Tabela 4 faixa granulométrica

Telas		Faixa 8S		Faixa 11S		Faixa de Trabalho*
Polegada	mm	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo / Máximo
# 1/2"	12,50	100%	100%	90%	100%	±7%
# 3/8"	9,50	100%	100%	65%	100%	±7%
# 5/16"	7,93	90%	100%	45%	60%	±7%
No. 4	4,76	30%	45%	30%	40%	+0-5%
No. 10	2,00	20%	27%	20%	27%	+0-3%
No. 200	0,074	9%	11%	8%	11%	±2%

* Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para o traço em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

5.7. VAGsc / VAG mix

Deve ser efetuado o controle diário da relação entre vazios do agregado graúdo seco da mistura (VAGmix) e vazios do agregado graúdo seco compactado (VAGsc). A Relação % VAG < 100%.

$$VAG_{mix} = 100 - \frac{DensApCP}{DensApAgreg} x \% AGG$$

VAG mix% = Vazios do agregado graúdo da mistura

DensApCP = Densidade aparente do corpo de prova compactado

DensApAgreg = Densidade aparente do agregado (SSS)

% *AGG* = Porcentagem de agregado graúdo retido na peneira de controle (8s -2,00mm / 11s-4,75mm)

$$VAG_{sc}\% = \frac{DenApAgreg \times 0,998 - PU}{DensApAgreg \times 0,998} \times 100$$

$VAGsc\% =$ Vazios do agregado graúdo seco compactado

$PU =$ Peso unitário do agregado graúdo seco compactado (AASHTO T- 19)

$0,998 =$ Peso unitário da água

$DensApAggreg =$ Densidade aparente do agregado (SSS)

Tabela 5

Definição da fração de agregado graúdo			
Diâmetro Máximo nominal do Agregado		Porção de agregado retido na peneira de corte (%#Y)	
Mm	Polegada	mm	Polegada
12,5	½"	4,75	Nº 4
9,5	3/8"	2,36	Nº 8

A dosagem adequada da mistura deve atender aos seguintes parâmetros:

Tabela 6

Ensaio	Unidade	Faixa "8 S"		Faixa "11 S"	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Golpes por face	G	50	-	50	-
Porcentagem de Vazios – Marshall	%	3	4	3	4
Danos por Umidade Induzida – AASHTO T-283	%	80	-	80	-
Resistência à tração por compressão diametral, a 25 °C	daPa	6	-	6	-
Vazios do Agregado Mineral (VAM)	%	17	-	17	-
Vazios do Agregado Graúdo na mistura (VAG)	%	-	* VAGsc -3%	-	* VAGsc -3%
Porcentagem de Fibra de Celulose	%	0,3	1,5	0,3	1,5
Teor ótimo de asfalto	%	5,5	7,5	5,5	7,5
Variação no Teor de Betume em rel. ao ótimo	%	-0,2	0,2	-0,2	0,2
Espessura da Camada	cm	2	4	2,5	5,0

6. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

6.1. DEPÓSITO PARA LIGANTE ASFÁLTICO

Os depósitos para o ligante asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento dos tanques deve ser feito com óleo térmico.

Os depósitos para o ligante asfáltico devem ter agitadores para assegurar a homogeneidade da temperatura nos tanques.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, 3 dias de operação.

6.2. DEPÓSITO PARA AGREGADOS

O local onde serão depositados os agregados a serem utilizados na confecção da mistura deve estar limpo, preferencialmente coberto, com as pilhas identificadas e bem separadas para evitar mistura ou contaminação dos mesmos. Se for constatada qualquer contaminação em qualquer pilha, esta deve ser imediatamente removida da área de estoque.

Caso haja contaminação das pilhas, os trabalhos na usina devem ser paralisados até que o problema seja sanado.

6.3. USINA PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

A usina de asfalto deve ser capaz de preparar uma massa uniforme, sem segregação e na temperatura determinada pelas especificações. Deve estar equipada com os seguintes equipamentos:

6.3.1. Silos de entrada de materiais (FRIO)

Os silos frios devem ser divididos em no mínimo 4 compartimentos devidamente identificados, dispostos de modo a separar e estocar adequadamente, as frações apropriadas

do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivo adequado de dosagem e descarga, que permita uma dosagem das quantidades de materiais de acordo com o projeto de mistura (traço) aprovado pela ARTERIS.

Deve também ter um silo adequado para a adição de (Cal hidratada CH-I) que permita sua incorporação à mistura sem perdas. Este silo deve estar conjugado com o sistema de dosagem automática da usina.

A Cal Hidratada CH-I deve ser adicionada aos agregados na correia transportadora, junto aos silos frios.

6.3.2. SILO DE ADIÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE

A fibra de celulose deve ser adicionada nas usinas contínuas no secador, e nas usinas gravimétricas no elevador de quentes ou no misturador. No misturador os agregados e a fibra devem ter uma mistura a seco de no mínimo 15 segundos, antes da adição do ligante, para permitir sua perfeita dispersão na mistura seca. O sistema de adição de fibra deve ser automático e controlado da cabine de comando.

Caso esta condição não seja atendida, a usina dever ser paralisada até que sejam feitos os ajustes necessários.

6.3.3. SECADOR

O secador da usina deve estar equipado com dispositivos para aquecer a mistura seca de agregados até a temperatura recomendada. Deve possuir um dispositivo de medição de temperatura, com informações dentro da cabine de comando, de maneira a permitir o operador da usina controlar a temperatura da mistura.

Caso esta condição não seja atendida, a usina deve ser paralisada até que sejam feitos os ajustes necessários.

6.3.4. SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE FINOS

A usina deve ter um sistema de recuperação de finos adequado que permita a devolução dos mesmos à mistura. Ele pode ser devolvido à mistura antes da classificação e neste caso por Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

intermédio de um silo auxiliar com dispositivo que mantenha alimentação contínua ou depois, sendo neste caso pesado separadamente.

6.4. CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

Os caminhões do tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com nata de Cal hidratada (3 x 1) ou água e sabão ou óleo de soja diluído em água, de modo a evitar a aderência da mistura ao fundo ou parede dele.

Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis para dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina etc.).

6.5. EQUIPAMENTO PARA ESPALHAMENTO

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, nas cotas e abaulamentos requeridos. Deve ser equipada com rosca sem-fim, para espalhar a mistura sem segregação, possuir dispositivo rápido e eficiente de direção, além de marcha para frente e para trás. Deve ser equipada com sistema de vibração que permita uma pré-compactação na mistura espalhada e com dispositivo de aquecimento da mesa para evitar que a mistura agarre na mesma e prejudique o acabamento. Deve estar equipada com sistema de controle de nível (espessura) eletrônico nos dois lados da mesa (ski) de no mínimo 6 metros.

A mesa não deve deixar marcas longitudinais na massa espalhada, devendo estar bem ajustadas as emendas das extensões.

No início da jornada, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura definida pela Especificação para temperatura de descarga.

Caso no espalhamento, se constate pontos segregados, tanto finos como grossos, ondulações transversais e/ou riscos longitudinais, resultados da má operação da pavimentadora, o serviço deve ser paralisado até a sua correção.

6.6. EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

O equipamento para a compressão pode ser constituído somente de tandem liso vibratório. Caso seja necessário, a vibração deve ser cuidadosa para evita a quebra de agregados.

7. EXECUÇÃO

7.1. SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR

A superfície a ser pavimentada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve estar seca e limpa, sem presença de pó ou materiais soltos.
- Imediatamente antes de pavimentar deve ser feita uma pintura de ligação com emulsão RR-1C ou RR-2C nas taxas, aproximadamente:

Pavimento novo	0,15 - 0,3 l/m ² (resíduo)
Pavimento antigo, em cima de camadas já oxidadas	0,2 - 0,4 l/m ² (resíduo)

- Caso o caminhão espargidor não tenha condições de espargir esta taxa, a emulsão pode ser recortada com 50% de água.
- Devem ser coletadas amostras da emulsão no caminhão espargidor e feita uma determinação expedita do resíduo antes da aplicação. A taxa deve ser ajustada em função da porcentagem de resíduo encontrada.
- A pintura de ligação deve ser feita obrigatoriamente com a barra espargidora. A caneta só deve ser usada para correção de pontos falhos ou de difícil acesso.
- O tráfego de caminhões sobre a pintura só é permitido após o rompimento e cura da emulsão.

7.2. CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura asfáltica deve ser confeccionada em uma usina de asfalto conforme Especificada no Item 6 e obedecer aos seguintes critérios:

- Os agregados, principalmente finos, devem ser homogeneizados com a carregadeira antes de serem colocados nos silos frios,
- As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do traço e dos agregados para evitar sobras nos silos quentes,

- Estar de acordo com o projeto de mistura aprovado, tanto na granulometria quanto teor de ligante e fibras,
- Obedecer aos parâmetros definidos para a temperatura da mistura,
- A cal hidratada CH I deve estar dispersa no meio dos agregados, principalmente graúdo, antes de entrar em contato com o ligante.
- Não apresentar deficiências de mistura, apresentando agregados não misturados (Massa carijó),
- Não apresentar variações bruscas de temperatura de mistura, demonstrando falta de controle de alimentação ou secador desregulado.
- A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba (1º à frente, 2º a traseira e depois o meio).
- A mistura só pode ser estocada ou mantida de um dia para outro se houver silos apropriados na usina ou se as caçambas tiverem proteção contra o resfriamento da massa. Para isto deve ser feita a correção do teor de asfalto devido à absorção do agregado, dado o tempo de estocagem.

7.3. TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico deve ser transportado em caminhões basculantes e atender aos requisitos Especificados no Item 6. Além disto, devem ser observados os seguintes critérios:

- O Caminhão carregado deve estar coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura, sobrepassando a caçamba nas laterais e na traseira. Deve estar bem fixada na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura asfáltica.
- O tempo máximo admissível entre a carga do caminhão na usina e a descarga na pista é de 3 horas. Misturas que excederem este tempo deverão ter permissão especial do Engenheiro Fiscal da Obra, para descarga.
- A troca de caminhões deve ser rápida, de maneira a evitar paralisação da Acabadora.

7.4. DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição da mistura deve ser feita em pavimentadoras automotrices e atender à Especificação do Item 6.

Além disto, deve apresentar os seguintes requisitos:

- A temperatura ambiente deve estar acima de 10° C.
- Na partida da acabadora, devem ser colocadas 2 a 3 réguas com a espessura da camada, mais o empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.
- A mistura deve apresentar uma textura uniforme, sem pontos segregados. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, devendo essas serem consideradas como exceção. Caso a correção seja frequente, a pavimentadora deve ser ajustada ou substituída por outra.
- A mesa da pavimentadora deve ter uma superfície lisa, sem riscos que deixem marcas de arraste de material. Caso se constate este arraste, os serviços devem ser paralisados e o defeito sanado imediatamente.
- Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela pavimentadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.
- A espessura da camada será de acordo com o projeto de mistura aprovado. A espessura da camada compactada deve ser maior que 2,5 vezes e menor que 5 vezes o diâmetro nominal máximo do agregado.
- A velocidade da acabadora deve ser definida em função da capacidade de produção da usina, de maneira que ela esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões. A velocidade da acabadora deve estar, sempre, entre 2,5 e 10,0 m/minuto. A velocidade de trabalho deve ser determinada em função da espessura e largura a espalhar e produção da usina acrescida de 20%, para evitar paralisações prolongadas, acima de 15 minutos.
- A acabadora deve trabalhar com sistema eletrônico de nível, com esqui de comprimento mínimo de 6,00 m.
- Se a acabadora parar mais de 15 minutos, deve ser removida da pista, e dar um novo início na chegada do caminhão.

7.5. COMPRESSÃO DA MISTURA

Esquemas alternativos de rolagem poderão ser adotados, desde que previamente aprovados pela ARTERIS.

Prioritariamente deve ser adotado o descrito abaixo:

- A compressão da mistura deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento (menos de 1 minuto) e o equipamento deve atender à Especificação do Item 6.
- A rolagem deve ser iniciada com uma passada de rolo tandem sem vibrar (Breakdown) logo após o espalhamento.
- A rolagem para acabamento da pista deve ser com o rolo tandem vibratório com precaução. A temperatura de rolagem deve ser aquela capaz de corrigir todas as marcas da pista, deixando a pista com aspecto uniforme e sem depressões.
- A compressão deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.
- Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.
- Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, pelo menos, 30 cm.
- Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente.
- Se for utilizada água no rolo tandem, ela deve estar pulverizada, não se permitindo o escorrimento dela por gravidade pelo tambor e empoçamento na superfície da camada.
- A mistura compactada na pista, em camadas de Rolamento deve apresentar teor de vazios (ARTERIS T-269) máximo de 7% e mínimo de 3% da Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) determinada em 9.3.f
- Os critérios de avaliação e aceitação da compactação estão discriminados no item 9.4.a
- A abertura ao trânsito de veículos só é permitida após o completo resfriamento da camada espalhada.

8. MANEJO AMBIENTAL

O manejo ambiental deve seguir na íntegra o disposto no item 6 da especificação DNIT 031-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço.

9. CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL

O controle de qualidade da obra é de total responsabilidade da Construtora Contratada para execução dos serviços.

Todos os materiais a serem empregados na obra devem ser testados em laboratório obedecendo à metodologia indicada no item 2.

A quantidade de ensaios, no início dos serviços, deve ser determinada pelo REPRESENTANTE DA ARTERIS e será reduzida à frequência mínima depois de constatada a homogeneidade na execução dos serviços.

Esta quantidade mínima também deve ser aumentada sempre que se constate variações abruptas nos resultados dos ensaios ou visualmente na aparência da mistura, indicando uma falta de controle na execução dos serviços.

Os materiais devem satisfazer às Especificações em vigor e frequência mínima indicada a seguir.

9.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará do seguinte:

- a) 1 Ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (ABNT-NBR 14950) a 135°C, 150°C e 175°C para todo carregamento que chegar à obra,
- b) Relação Viscosidade x Temperatura para estabelecimento das temperaturas de mistura e compactação com os resultados obtidos no item 9.1.a. Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a faixa de temperatura para mistura é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de 85 ± 10 segundos (170 ± 20 cP). A faixa de temperatura para compactação é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de 140 ± 15 segundos (280 ± 30 cP). Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS

(CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

- c) 1 Ensaio Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção (ARTERIS T-329) para todo carregamento de Asfalto Modificado que chegar à obra.
- d) 1 Ensaio de Espuma para todo carregamento que chegar à obra,
- e) 1 Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT – NBR 6560) para todo carregamento que chegar à obra.
- f) 1 Ensaio de Penetração (ABNT- NBR 6576) para todo carregamento que chegar à obra.

Se, nos ensaios acima realizados, de aceitação do carregamento, houver algum valor que não atenda às especificações da obra, o material está recusado e não pode ser descarregado.

9.2. AGREGADOS

Os ensaios de controle de qualidade dos agregados devem ser os seguintes:

- a) Na aprovação do traço ou quando se perceber alteração da matriz do agregado na pedreira deverão ser feitos todos os ensaios previstos no item 5.3,
- b) 1 Ensaio de Granulometria de cada agregado (ARTERIS T-27) (coletado dos silos frios) por dia de trabalho.
- c) 2 Ensaios de Granulometria da mistura seca (ARTERIS T-27) (coletada do silo quente) por dia de trabalho.

9.3. MISTURAS ASFÁLTICAS

- a) 2 Ensaios (mínimo) de teor de asfalto pelo método Rotarex (ARTERIS T-164 método A - a cada jornada de 8 horas.
- b) 1 Ensaio de teor de asfalto pelo método Soxhlet (ARTERIS T-164 método F ou G - a cada jornada de 8 horas para ajuste do desvio do ensaio no Rotarex.
- c) 3 granulometrias (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto a cada jornada de 8 horas (A quantidade mínima de material para cada ensaio deve ser de 1.500 g).

- d) 1 Ensaio de Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca (ARTERIS T-166).
- e) 1 Ensaio de danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) por semana – Se a amostra ensaiada não for aprovada, os corpos de prova extraídos na pista no período, conforme 9.4.a, deverão ser testados por este método de ensaio.
- f) 2 Ensaios de Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) a cada jornada de 8 horas.
- g) 1 Ensaio de resistência a tração por compressão diametral (ARTERIS T 003-13) por dia de trabalho.

9.4. PISTA

- a) Caso as espessuras de pista, forem iguais ou superiores a 4,0 cm, devem ser realizados ensaios de Densidade (ARTERIS T-166 ou T-275) de corpos de prova extraídos via sonda rotativa. Estes corpos de prova deverão ser enviados imediatamente ao Laboratório de Controle indicado pela Concessionária. A construtora pode a seu critério, extrair corpos de prova em duplicata para seu controle. A frequência dos Ensaios de Densidade será sempre aumentada no início dos serviços ou quando houver falhas e/ou variação nos ensaios anteriores, a critério do REPRESENTANTE DA ARTERIS. Este ensaio será feito com o objetivo de se determinar o Índice de Vazios da Mistura Compactada (ARTERIS T-269), conforme descrito no item 7.5. A comparação será feita com a média dos 2 resultados de Massa Específica Máxima (ARTERIS T-209) do dia da aplicação da massa (item 9.3.f).

O cálculo dos valores máximo e mínimo de vazios será conforme descrito abaixo:

$$X_{\max} = \bar{X} + Kd \quad \text{e} \quad X_{\min} = \bar{X} - Kd$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} ,$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

X – média de resultados dos corpos de prova na análise estatística;

X_i – valor individual de um corpo de prova;

σ - desvio padrão dos corpos de prova na análise estatística;

k – coeficiente multiplicador em função do número de amostras.

Critério de aceitação (Para faixas granulométricas de camadas de Rolamento):

Tipo de Análise (Determinística):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova se apresentar dentro dos limites de 3% $< X_i < 7\%$. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tipo de Análise (Estatística):

O segmento será aceito se “ X_{min} ” $> 3\%$ e “ X_{max} ” $< 7\%$. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Critério de aceitação (Para faixas granulométricas de camadas de Binder):

Tipo de Análise (Determinística):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova se apresentar dentro dos limites de 3% $< X_i < 8\%$. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tipo de Análise (Estatística):

O segmento será aceito se “ X_{min} ” $> 3\%$ e “ X_{max} ” $< 8\%$. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

- b) O controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (idem, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e

compressão da mistura). Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nos corpos retirados da pista.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X_{\min} = \bar{X} - Kd,$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

$$d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

e K é dado em função do número “N” de amostras, pela Tabela 6:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se: $X_{\min} \geq 0,95P$

Onde:

P= Espessura de projeto

Se esta condição não for atendida o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tabela 6 - Amostragem Variável

N	Número N de amostras																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

k = coeficiente multiplicador

- c) O controle de deflexões deve ser executado pelo contratado e acompanhado pelo representante da ARTERIS. A sua frequência, se não definida no projeto, deve ser de 20 m de faixa, no máximo. Para a medida de deflexão deve ser seguido o método ARTERIS ME 024/94;

- d) O controle de acabamento da superfície do revestimento deve ser feito com auxílio de duas réguas, uma de 4,00m e outra de 0,90m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. Este ensaio deve ser realizado imediatamente após a compactação e antes da abertura da pista ao tráfego. Todas as áreas que não atenderem a estes parâmetros devem ser corrigidas pela Empresa Construtora.
- e) A verificação das condições de segurança da macrotextura do revestimento deve ser feita através do ensaio de mancha de areia (ASTM-965). A espessura de areia no ensaio de mancha de areia deve estar entre 0,7 e 1,2 mm de altura;
- f) Para a verificação da capacidade de atrito do revestimento, devem ser feitos ensaios de resistência à derrapagem. O valor do GN (Grip Number) deverá ser superior a 0,30, atribuídos para segmentos de 100 metros de faixa de rolamento. Os segmentos que apresentarem valores abaixo do limite fixado nesta especificação devem ser corrigidos imediatamente.
- g) Avaliação de superfície, expressa pela irregularidade longitudinal, medida por meio de perfilômetro a laser, obtendo-se o parâmetro QI - (contagens/km), ao longo do trecho recuperado, que deve atender aos seguintes requisitos no cálculo estatístico:

Condição construtiva (Fresagem e Recomposição):

- A média das medidas de QI do segmento executado deve apresentar valor inferior a 25 (IRI inferior a 1,9). O segmento considerado deve ser avaliado conforme especificação ARTERIS ET-008;

Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo dela, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

Condição construtiva (Fresagem e Recomposição):

- A média das medidas de QI do segmento executado deve apresentar valor inferior a 25 (IRI inferior a 1,9).

Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo dela, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

Condição construtiva (Construção ou recuperação de pavimento):

- A média das medidas de QI do segmento executado deve apresentar valor inferior a 21 (IRI inferior a 1,6). O segmento considerado deve ser avaliado conforme especificação ARTERIS ET-008;

Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo dela, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

A medição da área executada só será feita depois de verificado o atendimento aos parâmetros acima especificados.

A Tabela 7 e 8 apresentam o resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade em pista e o resumo geral do controle de qualidade respectivamente.

Tabela 7 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade de pista

Frequência (1 dia de serviço)	Amostragem		Parâmetros de análise					Tipo de análise	Critério de aceitação	
	Número de CP's para ensaio	Número de CP's para contraprova*	Volume de Vazios (%)	Teor de ligante (%)	Espessura (cm)	IRI (Condição construtiva)				
Extensão dos segmentos						Fresagem e recomposição	Construção ou recuperação de base, sub-base e/ou subleito			
<= 20 m	1	1	3% < Xi < 7% (Rolamento) 3% < Xi < 8% (Binder)	$\pm 0,2$ Teor de Projeto	Xmin \geq 0,95 Espessura de Projeto	-	-	Determinístico	Se algum parâmetro não atende = rejeição	
20 < X <= 50m	2	2				-	-	Determinístico		
50 < X <= 100m	3	3						Determinístico		
>100 m	Mínimo 5 CP's	Mínimo 5 CP's	X + σ_k < 7% (Rolamento) X - σ_k > 3% (Rolamento)	$\pm 0,2$ Teor de Projeto	Xmin \geq 0,95 Espessura de Projeto	$\leq 1,9$ (IRI) ≤ 25 (QI)	$\leq 1,6$ (IRI) ≤ 21 (QI)	Estatística	Se algum parâmetro não atende = rejeição	
	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	X + σ_k < 7% (Binder) X - σ_k > 3% (Binder)							

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
AGREGADOS	DOSAGEM DOSAGEM DA MISTURA SMA	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-031	ARTERIS ET-019
	DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 12%	ARTERIS T-104
	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 40%	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	Máximo 20% na Relação 1: 3	ARTERIS D- 4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÉCA	1 ensaio por semana	> 65%	ABNT NBR-12052
	GRANULOMETRIA AGREGADOS (BRITAGEM)	1 ensaio por dia	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. FINOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-84
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. GRAUDOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-85
ASFALTO	AZUL DE METILENO	Na dosagem ou material mudar	< 5 mg/g	ARTERIS TP-330
	VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL 135°C	Em toda carreta (CAP 60-85)	≤ 3.000 RPM	ABNT NBR-14950
	VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL 150°C	Em toda carreta (CAP 60-85)	≤ 2.000 RPM	ABNT NBR-14950
	VISCOSIDADE SAYBOLT-FUROL 175°C	Em toda carreta (CAP 60-85)	≤ 1.000 RPM	ABNT NBR-14950
	RELAÇÃO VISCOSIDADE X TEMPERATURA	Com os resultados dos ensaios de controle 135 - 150 e 175°C	Indicados pelo fabricante do asfalto modificado CAP 60-85	ABNT NBR-14950
	RECUPERAÇÃO ELÁSTICA POR TORÇÃO	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 45 %	NTL - 329
	PENETRAÇÃO	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	40 a 70	ABNT NBR-6576
	PONTO DE AMOLECIMENTO °C	Em toda carreta (CAP 30-45) Em toda carreta (CAP 50-70) Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 52 > 46 > 60	ABNT NBR-6560

	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	> 55	
ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA	Em toda carreta	-1,5 a + 0,7	-
ESPUMA A 175°C	Em toda carreta	Não espumar	-
USINA	GRANULOMETRIA SILOS QUENTES	1 ensaio por dia	Projeto ARTERIS T-27
	UMIDADE PONDERADA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	< 2% Recomendação "método expedito da frigideira"
	TEMPERATURA AGREGADOS SILOS QUENTES	Regularmente	< 187°C verificar termômetro dos silos
	TEMPERATURA CAP	Regularmente	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s verificar termômetro dos tanques
	TEMPERATURA DA MASSA NA USINA	Em todo caminhão	Temperatura correspondente a Viscos. 85 + 10 s -
	PORCENTAGEM DA CAP	3 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto ± 0,2 % ARTERIS T-164
	GRANULOMETRIA DA MASSA	3 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto ARTERIS T-30
	DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA- RICE	2 ensaios por dia	Projeto ARTERIS T-209
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	> 0,8 kgf/cm ² DNIT ME-138
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	1 ensaio por semana	RRT > 80% (DUI) ARTERIS T-283
	MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA (Marshall)	1 ensaio (3 CPs) por cada 4 hs de trabalho	50 golpes soquete Marshall / face ARTERIS T-166
	DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Projeto ARTERIS T-166
	TEOR DE VAZIOS (LABORATÓRIO)	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5 ARTERIS T-269
	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5 ARTERIS ET-35
	VAZIOS DO AGREGADO MINERAL	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5 ARTERIS ET-35
PSTA	TEMPERATURA DA MASSA	Em todo caminhão	mínimo 145 graus centígrados Medir

	EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	Extrair com máquina Rotativa
	COMPACTAÇÃO	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	ARTERIS T-209
	VAZIOS DE PISTA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 7	ARTERIS T-269
	MEDIDA DE IRREGULARIDADE	a cada km	< 26 contagens por km	ARTERIS ET-008
	MEDIDA DE ATRITO	A cada 100m	GN > 0,30	Grip Number
	MACROTEXTURA	A cada 20m	0,7 – 1,2	ASTM 965
	DEFLEXÕES - VIGA BENKELMAN	Projeto define ou mínimo cada 20 m de faixa	Dc= X+σ ≤ Dproj.	ARTERIS ME-024
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	de acordo com a extração de CP's na pista	+ 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 1000 m por faixa. Em pontos isolados + - 10%	Fazer média de 4 medidas diametralmente opostas

Especificação Particular

ARTERIS ES 038 – FRESAGEM CONVENCIONAL, FRESAGEM FINA E MICROFRESAGEM A FRIO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução da fresagem convencional, fresagem fina e microfresagem de pavimentos asfálticos a frio. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

- ARTERIS ET – 008 Irregularidade Longitudinal.
- NORMA DNIT 001/2009 – PRO Elaboração e apresentação de normas do DNIT – Procedimento.

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

- 3.1. Operação que é realizada com o corte ou desbaste de uma ou mais camadas de revestimento do pavimento asfáltico, com espessuras pré-determinadas por processo mecânico realizado a frio, visando a restauração do pavimento.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. O serviço de fresagem deve ser iniciado somente após a prévia demarcação das áreas a serem fresadas e definidas as profundidades de corte e rugosidade indicadas no projeto.
- 4.2. Deve ser implantada sinalização provisória de regulamentação e advertência para execução da obra. Durante a execução dos serviços, no caso de haver degraus, se inevitáveis, deve ser implantada a sinalização específica, para advertir a sua existência aos usuários, principalmente aos condutores de motocicletas.
- 4.3. A área da fresagem fina, não deve permanecer por mais de 3 (três) dias sem o devido recobrimento.
- 4.4. Aplica-se também a microfresagem em revestimentos asfálticos sobre o tabuleiro de obras de artes especiais, na regularização do pavimento e como melhoria do coeficiente de atrito.
- 4.5. Esta norma abrange os serviços de corte, desbaste, carga, transporte, descarga e estocagem dos materiais da operação de fresagem.
- 4.6. A pista fresada só pode ser liberada ao tráfego se não oferecer perigo aos usuários, isto é, a rodovia deve estar limpa dos materiais soltos ou de problemas decorrentes da fresagem, tais como degraus, ocorrência de buracos e descolamento de placas.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Equipamentos

Os Equipamentos de fresagem devem ser os mais adequados para a realização do serviço, de acordo com o tipo de fresagem.

5.2. Máquina fresadora

- 5.2.1. Sistema autopropulsado, que permite a execução da fresagem, de modo uniforme, na espessura de corte ou desbaste do projeto.
 - 5.2.1.1. Quando a largura da área a ser fresada for maior ou igual a 2 metros deverá ser utilizada a fresadora de esteiras do tipo WR-2000 ou similar.

5.2.2. Dispositivo eletrônico que permita graduar corretamente a espessura de corte, fornecendo uma espessura uniforme.

5.2.3. Capacidade de nivelamento automático e precisão de corte através de sensores óticos direcionados à superfície de referência que permitam o controle da inclinação transversal e longitudinal, para atender o projeto geométrico.

5.2.4. Cilindro fresador, do tipo específico para cada fresagem, constituído em aço especial, para girar em alta rotação, onde são fixados os espaçamentos máximos para fresagens do tipo convencional e fresagem fina, para microfresagem será necessária uma quantidade mínima de dentes de corte.

- Fresagem convencional, espaçamento máximo de 15 mm entre os dentes de corte
- Fresagem fina, espaçamento máximo de 8 mm entre os dentes de corte
- Microfresagem, Tambor com 672 Bytes (texturização)

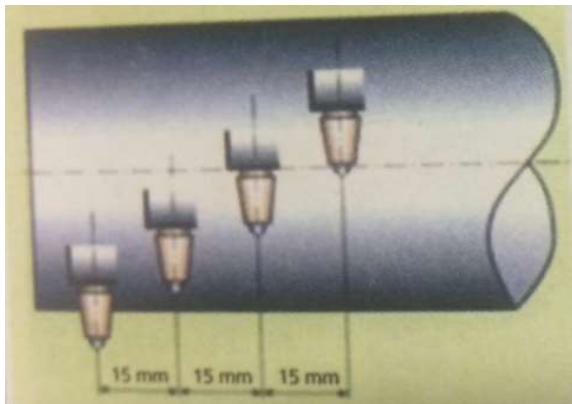


Figura 2 Fresagem convencional

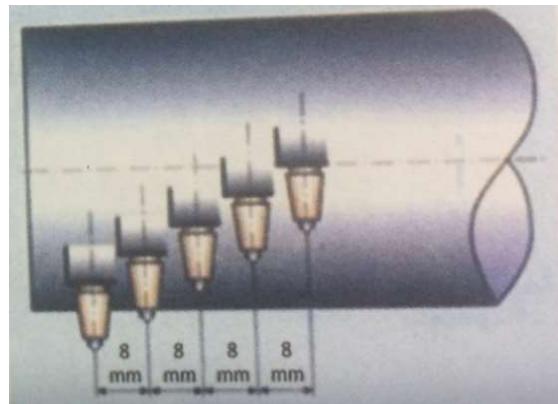


Figura 3 Fresagem fina

5.2.5. Dentes de corte do cilindro fresador, constituído por corpo forjado em aço, com ponta de material mais duro que proporcione rugosidade perfeita, cambiáveis, facilmente extraídos e montados, por procedimentos simples e prático. A rugosidade resultante na pista é definida para cada tipo de fresagem, abaixo listados:

- Fresagem convencional – Espaçamento de 15 mm aproximadamente, entre os dentes de corte, e profundidade máxima de corte no serviço acabado em qualquer ponto menor que 5 mm, efetuada com uma régua de alumínio de 2 m de extensão.
- Fresagem fina – Espaçamento de 7,5 mm aproximadamente, entre os dentes de corte, e profundidade máxima de corte no serviço acabado em qualquer ponto menor que 5 mm, efetuada com uma régua de alumínio de 2 m de extensão.
- Microfresagem – Espaçamento de 2 a 3 mm aproximadamente, entre os dentes de corte, e profundidade máxima de corte no serviço acabado em qualquer ponto menor que 2 mm, efetuada com uma régua de alumínio de 2 m de extensão.

5.2.6. Dispositivo tipo esteira ou correia que permita a elevação do material fresado do pavimento para a caçamba do caminhão simultaneamente com a execução da fresagem.

5.2.7. Dispositivo que permita a aspersão de água, para realizar a limpeza dos bits e controlar a emissão de poeira na execução da fresagem.

5.2.8. Vassoura mecânica autopropulsionada e que disponha de caixa de recebimento de material, a fim de promover a limpeza da superfície fresada.

6. EQUIPAMENTOS

Recomenda-se, os seguintes equipamentos:

- Máquina fresadora de esteiras
- Caminhão basculante provido de lona
- Caminhão tanque, para o abastecimento do depósito de água da fresadora
- Compressor de ar com espingarda de ar comprimido
- Serra de disco tipo cliper ou similar e rompedor pneumático ou elétrico, que permitam arremates e cortes perpendiculares das juntas transversais e longitudinais nas fresagens do tipo convencional e fina.
- Carreta equipada com prancha apropriada para o transporte do equipamento de fresagem

NOTA: Todo equipamento utilizado deverá ser vistoriado e aprovado pela concessionária, antes do início da execução do serviço, de modo a garantir condições apropriadas de operação, sem o que não será autorizada a sua utilização.

7. EXECUÇÃO

- 7.1. As áreas a serem fresadas devem ser delimitadas, com eventuais ajustes definidos no campo, pela ARTERIS.
- 7.2. Quando o material da fresagem for destinado à reciclagem, antes de iniciar a fresagem, devem ser retirados o excesso de sujeira e resíduos da superfície do pavimento, por meio de varrição mecânica e/ou ar comprimido.
- 7.3. A fresagem do revestimento asfáltico, na espessura recomendada pelo projeto, deve ser iniciada na borda mais baixa da faixa de tráfego, com a velocidade de corte e avanço regulados a fim de produzir granulometrias adequadas, se necessário, de agregados que deverão ser utilizados na reciclagem.
- 7.4. No decorrer da fresagem deve ser observado o jateamento contínuo de água, para limpeza e resfriamento dos bits da fresadora e controle da emissão de poeira.
- 7.5. Durante a operação de fresagem, o material fresado deve ser elevado e transportado pelo dispositivo tipo esteira ou correia transportadora que faz parte da fresadora, para a caçamba do caminhão e transportado para o local para seu reaproveitamento ou para o bota-fora. Os locais de bota-fora devem ser previstos no projeto ou indicados pela concessionária, devidamente aprovados pela Fiscalização, e em conformidade com a Resolução CONAMA nº 307/2002.
- 7.6. Os locais que sofreram intervenção da fresagem devem ser limpos, primeiramente por vassouras mecânicas acopladas a minicarregadeiras e em seguida por jato de ar comprimido, para finalizar a limpeza e retirada de placas (meia sola) que porventura venham a ocorrer.
- 7.7. Após a operação de fresagem e limpeza dos locais que sofreram intervenção da fresagem, o fundo da caixa fresada deverá estar perfeitamente nivelado longitudinal e lateralmente, sem apresentar depressões, ressaltos, ondulações e desnível entre as passadas da fresadora, não podendo haver presença de material asfáltico deteriorado

e/ou solas aderido ou não ao fundo da caixa. Caso existam depressões, decorrentes de deslocamentos, e o substrato se apresente adequado, elas devem ser preenchidas com CAUQ e compactadas antes do espalhamento da camada de preenchimento do local fresado com a acabadora. Quando for constatado no fundo da caixa fresada a existência de superfícies trincadas em processo de desagregação, gretas, blocos ou placas se movimentando ou a presença de material bombeado, estes locais deverão ser rebaixados até a eliminação total do material deteriorado, podendo ser necessário realizar a selagem das trincas e a colocação de geogrelha, ou a realização de um remendo profundo localizado ou em casos extremos a reconstrução do pavimento desde o subleito até o nível da superfície fresada antes da recolocação do revestimento asfáltico.

7.8. Os bordos longitudinais e transversais dos locais fresados, deverão ter as paredes cortadas verticalmente. Nos locais onde os materiais dos bordos estiverem desagregados e/ou deteriorados, estes deverão ser fresados ou cortados com serra circular tipo cliper ou similar, até que seja encontrado material asfáltico adequado para a realização da junta.

7.9. Caso após a operação de fresagem os bordos não fiquem verticais, os mesmos deverão ser cortados verticalmente utilizando-se uma serra circular tipo Cliper ou similar.

7.10. Quando a espessura da camada do revestimento asfáltico fresado for superior a 5 cm, as juntas transversais e longitudinais entre o pavimento existente e a caixa fresada, devem ser escalonadas de maneira tal que a junta de cada camada reconstruída fique defasada em relação a junta da camada subsequente, 50 cm no sentido transversal e 10 cm no sentido longitudinal ou a critério do engenheiro supervisor conforme as condições locais existentes.

8. INSPEÇÕES

8.1. Controle da Execução

8.1.1. Espessura da camada do revestimento asfáltico fresado

8.1.2. Textura rugosa e uniforme da superfície fresada

8.1.3. Ausência de desníveis entre uma passada e outra do equipamento

8.1.4. Desempenho da superfície (controle da declividade transversal de projeto).

8.1.5. Medição de irregularidade longitudinal de pavimentos com equipamento Merlin.

A superfície fresada não deve apresentar falhas no corte decorrentes de defeitos no(s) bits(s) e depressões; Deve ser verificado também se o disposto nas seções 4 e 5 desta Norma está sendo devidamente atendido.

9. CONTROLE DE QUALIDADE

9.1. Controle Geométrico

9.1.1. Profundidade de corte deve atender o disposto na seção 5.2.5 desta norma;

9.1.2. A espessura de fresagem é determinada a cada 20 m pela média aritmética de, no mínimo, 3 (três) medidas, com linha e trena, (bordo esquerdo, centro e bordo direito).

9.1.3. A irregularidade longitudinal (IRI) tem que apresentar resultado ≤ 2 m/km para a fresagem convencional e fresagem fina e $\leq 1,7$ m/km para a microfresagem (texturização).

9.1.4. A fresagem convencional, fresagem fina ou a microfresagem (texturização) só deve ser considerada conforme se atender às exigências desta Especificação; caso contrário deve ser considerado não - conforme.

10. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

10.1. A medição do serviço considerado conforme deve ser efetuada em metro cúbico para fresagem convencional e metros quadrados para fresagem fina e microfresagem, os serviços não aprovados devem ser refeitos.

11. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
FRESAGEM FINA	MEDIDA DE IRREGULARIDADE	Conforme ET-008	IRI QI $\leq 26 / 13$ (contagens por km) Para fresagem convencional e fresagem fina. IRI QI $\leq 22,1 / 13$ (contagens por km)	ARTERIS ET-008

		para microfresagem (texturização)	
--	--	--------------------------------------	--

Especificação Particular

ARTERIS ES 039 – RECICLAGEM DE CAMADAS MELHORADAS COM CIMENTO EM USINAS

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de reciclagem de camadas melhoradas com cimento em usina. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 5732 - Cimento Portland Comum – Especificação.
- ABNT– NBR 11581 – Cimento Portland – Determinação do tempo de pega
- ARTERIS ME-27 - Agregados - Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ABNT-NBR 7180 - Solos - determinação do limite de plasticidade.
- ABNT-NBR 6459 - Solos - determinação do limite de liquidez.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.
- DNIT-ME 129 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- ARTERIS ME-002 - Método de ensaio para Percentagem de cimento por titulação química
- ABNT-NBR 5738 - Concreto – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos.
- ABNT-NBR 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- ABNT-NBR 7222 – Argamassa e Concreto – Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

- DNIT-ES 307 - Pavimentação - pintura de ligação
- DNIT-ES 159 - Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio
- DNIT-ME 024- Pavimento – Determinação das deflexões pela viga "Benkelman".

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta especificação e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta especificação. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta especificação.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta especificação é adotada a seguinte definição:

Reciclagem de camadas melhoradas com cimento em usina: Consiste na associação de agregado proveniente de fresagem das camadas de capa, base e/ ou sub-base existentes na pista, cimento Portland, aditivos e água, e se for necessário, agregado mineral suplementar, em proporções determinadas pelo projeto de mistura, que atende aos requisitos de qualidade especificados, uniformemente espalhada com resultando em uma mistura homogênea, compactada e rígida, e com as resistências à tração e compressão especificadas.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. A reciclagem de camadas melhoradas com cimento pode ser empregada como camada de sub-base ou base de pavimentos.
- 4.2. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.3. O tempo máximo entre a adição do cimento e o término da compactação na pista é de 3 horas.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Os constituintes da reciclagem de camadas melhoradas com cimento são: camadas de capa e/ ou base e/ ou sub-base fresadas, agregados suplementares, cimento, aditivos e água e devem

obedecer ao projeto de mistura previamente aprovado e atender aos limites previstos nesta especificação.

5.1. MATERIAL

5.1.1. Cimento Portland: deverá atender a uma das seguintes especificações:

- ABNT – NBR 5732 Cimento Portland comum;
- ABNT – NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial;
- ABNT – NBR 5735 Cimento Portland de alto forno;
- ABNT – NBR 5736 Cimento Portland pozolânico.

5.1.2. Aditivos

Podem ser empregados, a critério da contratada, aditivos para retardar a pega do cimento Portland, que atendam a norma:

- ABNT NBR 11768 - Aditivos para concreto de cimento Portland.

A sua incorporação deve ser previamente aprovada pelo controle de qualidade da Arteris.

Neste caso, o tempo entre a adição de água e o fim da compactação é obtido no ensaio ABNT 11581, previamente aprovado pela fiscalização.

5.1.3. Água

Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento Portland.

5.1.4. Agregados

Deve ser constituído de material fresado da capa e/ ou base e/ ou sub-base existentes na pista e agregado suplementar caso necessário. Suas partículas individuais devem ser resistentes livre de substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

A fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar limite de liquidez inferior ou igual a 25% e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%.

O equivalente de areia deve ser maior que 35% (NBR-12052).

6. COMPOSIÇÃO DA DOSAGEM

- 6.1. A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.
- 6.2. A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos da tabela 1, quando ensaiadas pelo Método ARTERIS ME-27.
- 6.3. O projeto deve atender aos requisitos mínimos de resistência da tabela 2.

Tabela 1

Peneira	mm	PORCENTAGEM PASSANTE	
		MÍNIMA	MÁXIMA
Nº 4	4,8	-	55
Nº 200	0,075	-	9

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

A mistura deve atender o projeto aprovado pela fiscalização, apresentado pela contratada e checado pelo laboratório indicado pela Arteris.

A contratada deve apresentar o projeto com, no mínimo, 45 dias antes do início do serviço para sua verificação.

Tabela 2

Resistência à Compressão Simples (ABNT NBR 5739) - MÍNIMO		Resistência à Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222) – MÍNIMO
7 dias	28 dias	28 dias
2,1 MPa	2,6 MPa	0,6 Mpa

- 6.4. A densidade aparente máxima e umidade ótima devem ser feitos na energia intermediária (PI), DNIT ME – 129.

- 6.5. Os corpos de prova serão curados conforme descrito no método de ensaio moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos (ABNT NBR 5738).

Se o diâmetro máximo do agregado for menor que 20mm, os corpos de prova poderão ser confeccionados no molde de 10 x 20.

7. EQUIPAMENTOS

- 7.1. Fresadora - o equipamento de fresagem deve apresentar capacidade mecânica e dimensões que permitam a execução da fresagem para remoção das camadas necessárias para a reciclagem.
- 7.2. Deve ter controle de espessura de corte e assegurar que a faixa fresada esteja desempenada sem altos e baixos acima de 0,5 cm por falhas de bits de corte (DNIT-ES 159).
- 7.3. Usina de solos - deve ter dispositivo para dosagem dos agregados individuais, cimento Portland, aditivos e água, e dispositivo para mistura e homogeneização.
- 7.4. Dispositivo britagem e classificação.
- 7.5. Caminhões basculantes para transporte do material para a usina e seu retorno para a pista.
- 7.6. Acabadora com capacidade de espalhar a camada em uma única passada.
- 7.7. Rolo vibratório autopropulsado corrugado; Rolo vibratório autopropulsado liso; Rolo de pneus com peso mínimo de 22t e sistema rodoar.
- 7.8. Serra para corte de juntas.
- 7.9. Caminhão pipa.
- 7.10. Caminhão distribuidor de ligante asfáltico.

8. EXECUÇÃO

- 8.1. Preparação

O sistema de drenagem deve ser executado conforme anexo I

A camada de revestimento deve ser fresada previamente e, após a remoção, a camada de base ou sub-base a ser reciclada deve apresentar condições adequadas para levantamentos de deflexão com viga Benkelman.

Os resultados de deflexão característica obtidos sobre segmento da camada a ser reciclada devem atender aos parâmetros definidos nesta especificação, salvo definições específicas de projeto.

Se a deflexão característica for superior a 80 (0,01mm), a camada de base deve ser retirada, e um levantamento de deflexões sobre a sub-base deve ser realizado; se a deflexão característica ultrapassar 90 (0,01 mm), a sub-base deve receber o mesmo tratamento da base para atender a deflexão máxima de 90 (0,01mm). Neste caso as características de projeto de mistura desta camada deve ser 50% da prevista para a base.

Se a deflexão característica na base a ser reciclada for inferior a 80 (0,01mm) deve-se abrir janelas a cada 250 metros para verificar a presença de umidade elevada na sub-base.

8.2. Mistura

Os agregados devem ser estocados convenientemente, de modo que cada um deve ocupar um silo da usina, não sendo permitida uma mistura prévia dos materiais (agregados fresados e agregados virgens). Os agregados individuais devem apresentar homogeneidade granulométrica.

A reciclagem de camadas melhoradas com cimento deverá ser preparada em usina descrita em 7.2.

Os agregados devem ser combinados de maneira a enquadrar a mistura final nos limites estabelecidos no projeto de mistura e deve atender às resistências mínimas estabelecidas na tabela 2 do item 6.3.

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade adicionada.

Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas devem ser desfeitas.

8.3. Transporte

A reciclagem de camadas melhoradas com cimento deve ser transportada, em caminhões protegidos por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte até o local de espalhamento.

8.4. Espalhamento

Antes de se iniciar a execução do espalhamento, deve ser verificada a condição estrutural da camada subjacente com viga Benkelman e a deflexão característica deve atender ao projeto aprovado. Eventuais tratamentos das camadas inferiores devem ser realizados com antecedência, de modo que o tempo de 3 horas após a mistura com cimento seja respeitado.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deve ser umedecida, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento deve ser executada em uma única camada, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta especificação.

O espalhamento não deve ser realizado sob chuva.

8.5. Compactação

Imediatamente após a operação de espalhamento, a camada reciclada com cimento deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de, no máximo, +1 ou, no mínimo, -2 pontos percentuais em relação à umidade ótima definida em 6.4.

O tempo decorrido entre a adição de água da compactação, deve ser de, no máximo 3 horas.

A compactação deve ser feita do bordo inferior para o superior.

A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida em 6.4.

8.6. Juntas de construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, deve ser executada uma junta transversal de construção em local já compactado com face vertical. As juntas longitudinais não devem ser verticais.

Tanto as juntas transversais como as longitudinais, não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

Deve ser observado o limite entre a camada nova e a executada anteriormente para evitar a vibração do rolo na camada ainda não curada.

8.7. Cura

A superfície da reciclagem de camadas melhoradas com cimento deverá ser protegida contra a evaporação de água, por meio de uma pintura betuminosa (DNIT-ES 307). Imediatamente após a liberação da camada, a película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para constituir uma membrana contínua.

8.8. Liberação para colocação da camada sobrejacente.

Deve ser interditado o tráfego ou a presença de qualquer equipamento até que a camada tenha resistência compatível com sua solicitação de carga (**NOTA 1**), o que deve ser verificado com o rompimento de corpos de prova preparados exclusivamente para essa finalidade e com idade diferente de 7 e 28 dias, e de acordo com o descrito em 6.3. Entretanto, não deve ser liberado ao tráfego antes de 4 dias.

NOTA 2 – A resistência mínima a compressão simples na data de liberação ao trânsito de veículos é de 2,1 MPa.

9. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionado nesta especificação particular.

9.1. Materiais

Cimento Portland

O fornecedor de cimento deve entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.2.1.

9.2. Aditivos

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.2.2.

9.3. Água

Deve ser potável

9.4. Agregados

Um ensaio de equivalente de areia (ABNT NBR 12052) e um ensaio de LL e LP por semana, no mínimo.

9.5. Mistura fresca

9.5.1. Um ensaio de análise granulométrica (ARTERIS ME-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.

9.5.2. Um ensaio de compactação (DNIT ME-129), diário do material coletado na pista.

9.5.3. Uma determinação do teor de cimento por titulação química método (ARTERIS ME-002) a cada 4 horas de produção da usina.

9.5.4. Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.

9.5.5. Moldagem de 6 corpos de prova por dia, conforme descrito em 6.6 (ABNT NBR 5738).

9.5.6- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

9.6. Mistura Endurecida

9.6.1. Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias de idade (2 corpos de prova) e 28 dias de idade (2 corpos de prova) (ABNT NBR 5739) por dia (nota 1).

9.6.2. Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (2 corpos de prova) (ABNT NM-8) por dia (nota 1).

9.6.3. Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 20m de pista, imediatamente antes da liberação ao trânsito de veículos. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

Nota 1 – Estes ensaios devem ser feitos de amostras extraídas da pista. Esta amostra deve aferir espessura e resistência.

10. CONTROLE GEOMÉTRICO

Após a execução da camada, deve ser feita a relocação da plataforma e nivelamento do eixo e dos bordos.

Admitir-se a variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nas medições da pista.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, devem ser tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento.

11. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

11.1. Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados no item 9 (Controle de Qualidade), bem como das características geométricas indicadas no item 10 (Controle Geométrico), devem atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço.}$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço.}$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações conforme tabela.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras										k = coeficiente multiplicador								

11.2. Critério de Medição

Devem ser medidos os serviços aprovados pelo controle de qualidade e serão pagos considerando as dimensões efetivamente executadas.

Os serviços não aprovados devem ser refeitos.

Especificação Particular

ARTERIS ES 041 – DRENO DE PAVIMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de drenos subsuperficiais. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

- NORMA DNIT 016/2006 – ES Drenagem – Drenos subsuperficiais – Especificação de serviço.

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. A edição apresentada é a que está em vigor na data desta publicação.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

3.1. Drenos Subsuperficiais - São dispositivos feitos na camada subjacente do pavimento para garantir o escoamento das águas existentes no pavimento direcionando-as para fora do leito estradal, ou impedir que as águas existentes no terreno adjacente à rodovia penetrem no pavimento.

Quanto à forma construtiva, os drenos podem ser designados como drenos transversais (sangrias) ou longitudinais.

4. CONDIÇÕES GERAIS

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

Os drenos longitudinais, devem ser instalados preferencialmente antes da execução das atividades indicadas para a reparação do pavimento. Devem ser localizados sempre no bordo externo da faixa 2 ou 3 (na interface entre a pista e o acostamento, sempre dentro do acostamento).

As sangrias devem ser executadas nos locais onde forem construídas camadas de macadame para reforço do subleito ou como sub-base, bem como nos locais onde forem identificados bolsões de umidade na pista de rolamento (bombeamento de finos), e deverão ser escavadas até 10 cm abaixo da cota do fundo da regularização do subleito. As sangrias somente devem ser executadas após a escavação do pavimento.

As sangrias devem ser construídas para escoar as águas que penetrem no pavimento e percoleem até a camada de macadame, daí até o dreno longitudinal ou à saída dos aterros conforme o caso.

O fechamento das valas só deve ser feito após a inspeção e liberação do fundo da caixa pela fiscalização, e comprovada a inclinação do fundo da vala em direção à saída, com uma queda mínima de 3%, medida com gabarito apropriado. Em casos excepcionais, a inclinação do fundo da vala pode ser ajustada as condições existentes no local.

Após a liberação da escavação, a vala deve ser revestida com uma manta geotêxtil (bidim ou similar) acompanhando a escavação das paredes e fundo da vala, e deve ser devidamente fixada com grampo nas paredes laterais. Posteriormente à colocação da manta de geotêxtil, o fundo da vala deve ser preenchido cuidadosamente com uma camada de 10 cm de material drenante, evitando sua contaminação com materiais estranhos tais como solo, matéria orgânica etc., e a perfuração da manta geotêxtil. Sobre esta camada drenante deve ser colocado, no centro da vala, um tubo perfurado tipo kanaflex ou similar, com diâmetro de 10 cm.

Na junção do dreno transversal (sangria) com o dreno longitudinal deve ser utilizada uma conexão do tipo "Y" ou "T" de PVC para conectar os dois tubos. As emendas do tubo perfurado devem ser feitas de topo, utilizando uma conexão de 30 cm do próprio tubo para envolver as duas extremidades dos tubos, deixando um transpasse de aproximadamente 15 cm para cada lado. Esta conexão deve ser devidamente fixada nas extremidades dos tubos com o mesmo material de costura da manta conforme indicado no anexo.

No interior do dreno, o tubo perfurado não deve ser envolvido com manta geotêxtil.

A seguir a vala deve ser preenchida cuidadosamente com material drenante em camadas de no máximo 30 cm de espessura devidamente adensadas, evitando sua contaminação com materiais estranhos tais como solo, matéria orgânica etc., até a cota de fechamento do dreno. Cuidados especiais devem ser tomados, para evitar que o equipamento de compactação perfure ou danifique a manta geotêxtil. A manta de geotêxtil deve ser cortada com utilização de uma tesoura, não podendo ser rasgada ou cortada com outro tipo de ferramenta.

Na interface entre o pavimento existente e o dreno deve ser colocada previamente uma manta geotêxtil, envolvendo a manta existente nas paredes laterais do dreno conforme desenho em anexo.

Na cota de fechamento do dreno, a manta de geotêxtil deve ser fechada, garantindo-se o transpasse da mesma na largura total do dreno.

A cota de fechamento do dreno transversal (sangria) ou do dreno longitudinal construído no bordo externo da faixa 2 ou 3 (dentro do acostamento) deve ficar 15 cm abaixo da cota inferior do revestimento asfáltico (CBUQ) os quais serão preenchidos com BGS compactada.

Entre a cota de fechamento do dreno e a cota inferior do revestimento asfáltico será colocada uma camada de 15 cm de BGS devidamente compactada e posteriormente imprimada com CM-30 ou similar.

Sobre a camada de BGS deve ser aplicada uma camada de concreto asfáltico com a mesma espessura do revestimento asfáltico existente.

Quando o dreno longitudinal for construído no bordo do acostamento, o fechamento do mesmo deve executado com um selo de argila devidamente compactado, que somente deve ser executado após realizada a conexão com o dreno transversal e o fechamento da manta geotêxtil, para evitar contaminação do material drenante.

No fechamento da saída do dreno, a manta geotêxtil deve ser cortada e realizado o transpasse da mesma na largura total do dreno confinando o material drenante e posteriormente realizada a costura da mesma, ficando apenas a saída do tubo perfurado revestido com manta geotêxtil.

Na saída do dreno, o tubo perfurado deve ser revestido com manta geotêxtil até o muro de ala do dreno. O reaterro sobre o tubo neste local deve ser executado com solo selecionado,

adequadamente compactado e conformado de maneira a se evitar que as águas superficiais provoquem erosão.

Todos os drenos devem ter suas saídas desobstruídas, independentemente do tipo de dispositivo de drenagem de coleta (dreno longitudinal, aterro).

Quando o dreno transversal (sangria) for conectado ao dreno longitudinal sua cota de fundo deve estar na mesma cota do dreno longitudinal.

A contratada deve garantir que todas as atividades sejam finalizadas no mesmo dia, salvo indicada autorização pela contratante.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Todos os materiais utilizados deverão satisfazer aos requisitos impostos pelas normas vigentes da ABNT, DNIT e Arteris.

5.1. Materiais

5.1.1. Manta Geotêxtil

A manta geotêxtil para utilização em drenos de pavimento deve atender aos requisitos dispostos a seguir:

Propriedade	Norma	Unidade	Especificação
Resistência à tração faixa larga	ABNT NBR 12824		
Valor na Ruptura - L		kN/m	≥16
Alongamento - L		%	>50
Valor na Ruptura - T		kN/m	≥14
Alongamento - T		%	>50
Resistência à tração grab			ASTM D 4632
Tração na Ruptura - L		N	≥1005
Alongamento - L		%	>50
Tração na Ruptura - T		N	≥920
Alongamento - T		%	>50
Rasgo Trapezoidal	ASTM D 4533		
Valor na Ruptura - L		N	≥1005
Valor na Ruptura - T		N	≥380
Punctionamento		N	≥460
Punctionamento CBR	ABNT NBR 13359	kN/m	≥2,7

Propriedades	Permissividade	ASTM D 4491	S ⁻¹	≥1,3
	Fluxo de água		l/min/m ²	≥4820
	Permeabilidade normal		cm/s	≥0,38
	Abertura aparente O ₉₅		mm	0,180(80)
Propriedades	Comprimento		m	150
	Largura		m	2,30-4,60
	Matéria-prima e tecnologia		100% Poliéster - Filamentos contínuos	
	Ponto de Fusão		260°C	

5.1.2. Agregados

- Devem ser utilizados, como material drenante, agregados resultantes de britagem de rocha sã, isentos de pó, impurezas e torrões de argila conforme indicado abaixo. O material drenante deverá preferencialmente ser lavado na peneira classificadora, não sendo permitida a lavagem posterior na pilha ou no caminhão basculante.
- O material drenante deve atender as seguintes faixas granulométricas:

100% passante na peneira 2"

No máximo 0,5% passante na peneira #4

No máximo 0,2% passante na peneira #200

- Não serão aceitos materiais drenantes que apresentarem mais que 20% em peso de partículas lamelares do tipo chatas ou alongadas (Relação 1:3) conforme ARTERIS D-4791.

5.1.3. Tubo Dreno Corrugado Perfurado de Polietileno de Alta Densidade PEAD

- O tubo deve apresentar o diâmetro nominal de 10 cm
- Os tubos devem ter aberturas para admissão de água com espaçamento uniforme e distribuídas através de seu perímetro ao longo de todo o seu comprimento.
- A área total mínima das aberturas por comprimento de tubo deve ser de 120 cm²/m.

5.1.4. Brita Graduada Simples

- Esta camada deve atender os parâmetros conforme especificação Arteris ES 008.

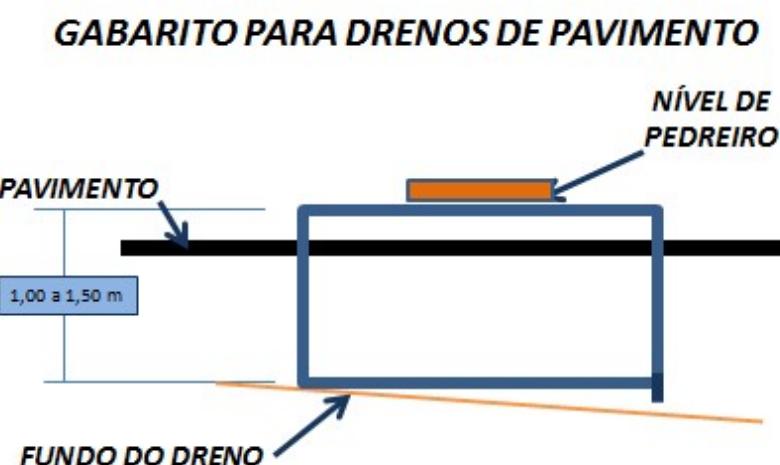
5.1.5. Concreto Asfáltico Usinado a Quente

- Esta camada deve atender os parâmetros conforme especificação Arteris CA-027.
- OBS: O CAUQ utilizado sobre o dreno transversal deverá ser do tipo SPV 12,5 ou SPV 16,0 mm.

5.1.6. Equipamentos

Recomenda-se, no mínimo, a utilização dos seguintes equipamentos:

- Caminhão basculante;
- Retroescavadeira ou valetadeira;
- Sapo compactador;
- Gabarito para a liberação do fundo da cava. Este gabarito deve ser feito em madeira ou alumínio, com formato de trapézio, com um dos lados do trapézio com altura variando de 1,00 a 1,50 m e no topo coloca-se um nível de pedreiro, para verificar a horizontalidade do gabarito na sua parte superior, conforme mostrado no desenho abaixo.



NOTA: todo equipamento utilizado deverá ser vistoriado e aprovado pela concessionária, antes do início da execução do serviço, de modo a garantir condições apropriadas de operação, sem o que não será autorizada a sua utilização.

6. EXECUÇÃO

Os drenos devem ser construídos conforme sequência abaixo:

- Os drenos transversais (doravante chamado de “sangrias”) serão executados nos acostamentos, a partir do bordo da faixa de rolamento, esconsos aproximadamente 45° em relação ao eixo da pista. Estes drenos somente deverão ser executados nos locais onde for realizada a reconstrução do pavimento utilizando o macadame como camada de sub-base ou reforço do subleito.
- Drenos longitudinais profundos serão executados com três objetivos:
 - a) Rebaixar o lenço freático evitando a percolação de água por baixo do pavimento,
 - b) Permitir o escoamento das águas existentes no pavimento direcionando-as para fora do leito estradal, e
 - c) Conectar as saídas das sangrias, quando não for possível executar a saída das mesmas no próprio terreno natural e/ou aterro, em especial em áreas de corte.
- A profundidade da vala deve contemplar todas as camadas do pavimento, de forma que a cota de fundo fique 10 cm abaixo da cota do subleito no bordo da pista.
- As valas devem ser abertas com 40 cm de largura seguindo a linha de maior declive.
- As valas devem ser abertas no sentido de jusante para montante e garantindo uma declividade mínima de 3% em direção à saída,
- As sangrias devem ser executadas no acostamento em posição transversal ou esconsa, junto à faixa II/ III, ou quando necessário, executar na faixa de segurança junto à Faixa I a cada 50 m, e obrigatoriamente nos pontos de inflexão vertical (ponto baixo) e no final da caixa.
- O material escavado deve ser retirado do local e disposto em local previamente aprovado pela fiscalização, de maneira a não prejudicar a configuração do terreno e o escoamento de águas superficiais,
- Após a escavação e compactação do fundo da vala, é obrigatório a sua liberação utilizando gabarito adequado para verificar a declividade, antes da colocação da manta geotêxtil, do tubo perfurado e do material drenante,

- O preenchimento das valas deve ser feito de jusante para montante, com os materiais previamente selecionados e aprovados,
- Após a colocação do material drenante na espessura adequada, o mesmo deve ser adensado em camadas de 30 cm, no máximo, com uso de sapo compactador,

Em trechos de corte, conectar o dreno transversal (tipo sangria) ao dreno profundo no pé do corte.

IMAGENS DA EXECUÇÃO:



Figura 1 - Remoção da camada de concreto asfáltico



Figura 2 - Escavação da vala



Figura 3 - Posicionamento do tubo na vala



Figura 4 - Espalhamento da primeira camada com espessura de 30 cm



Figura 5 - Compactação da camada drenante



Figura 6 - Fechamento da manta com transpasse total

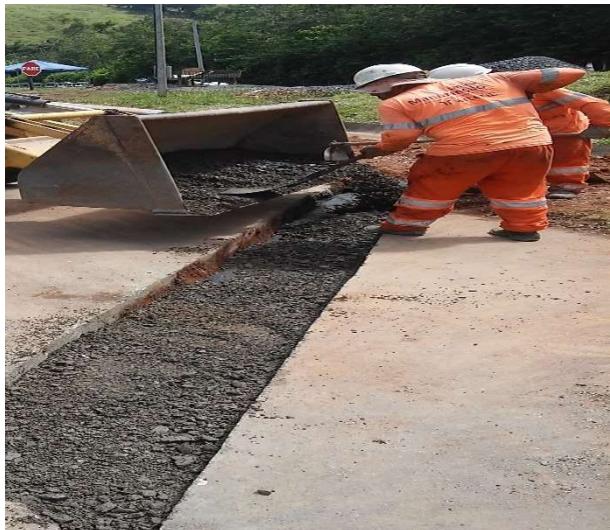


Figura 7 - Espalhamento da BGS com 15 cm de espessura



Figura 8 - Compactação da BGS



Figura 9 - BGS imprimada



Figura 10 - Distribuição do concreto asfáltico



Figura 11 - Compactação da camada de concreto asfáltico



Figura 12 - Detalhe da conexão tipo Y

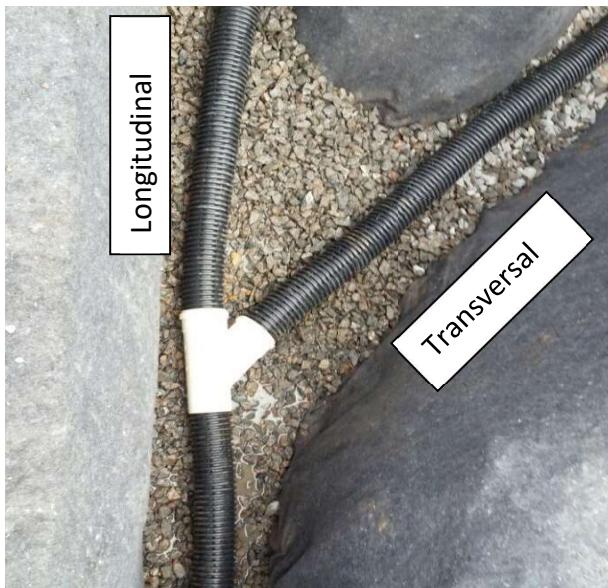


Figura 13 - Conexão da sangria em (Y ou T) com o dreno longitudinal



Figura 14 - Detalhe da emenda de topo do tubo corrugado

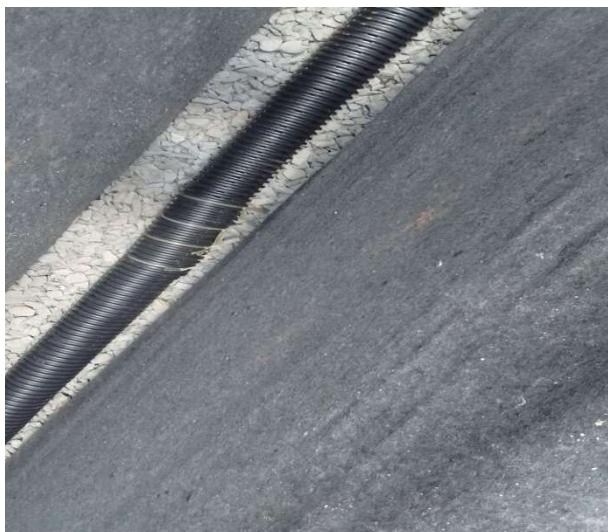


Figura 15 - Emenda do tubo de topo



Figura 16 - Emenda do tubo de topo



Figura 17 - saída da sangria envolvida com a manta



Figura 18 - Terminal de saída da sangria

7. INSPEÇÃO

7.1. Controle dos insumos

O controle tecnológico de todos os materiais utilizados e dos serviços executados são de responsabilidade da empresa contratada. A concessionária definirá o plano de amostragem e ensaios a serem realizados nos serviços, caso apresente alguma não conformidade os serviços deverão ser refeitos. A empresa contratada deve apresentar, no ato da medição, todo controle tecnológico dos materiais e serviços executados, os quais deverão ser realizados conforme esta norma.

7.2. Controle de produção

Somente será permitida a colocação dos materiais de enchimento da vala após a inspeção do fundo, não sendo toleradas variações de declividade inferiores a 3%. Em casos especiais, a critério da fiscalização a declividade poderá ser reduzida, não devendo ser inferior a 1%.

Caso, na verificação, sejam constatadas variações nas tolerâncias indicadas (largura, profundidade, declividade etc.), os serviços devem ser recusados e refeitos.

A responsabilidade pela qualidade dos serviços executados é integralmente da empresa contratada, devendo esta, dispor de serviços de laboratório próprio, e/ou contratados, para elaboração de testes para verificação da qualidade e ensaios tecnológicos, de materiais e dos serviços no campo. A contratante fiscalizará os trabalhos e aprovará os serviços após realização independente da contratada, de ensaios amostrais pertinentes a cada serviço.

7.3. Condições de conformidade e não conformidade

Os controles dos insumos e a verificação dos procedimentos de execução devem ser obedecidos rigorosamente. Caso as especificações desta norma não sejam atendidas, os serviços devem ser declarados não conformes e não devem ser pagos até que as irregularidades sejam corrigidas e aceitas.

8. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os seguintes critérios:

- Os drenos serão medidos pelo seu comprimento, em metros, executados de conformidade com o projeto, incluindo o fornecimento e colocação dos materiais, mão de obra, equipamentos, ferramentas e eventuais necessários à sua execução.
- Os muros de ala serão medidos pela determinação do número de unidades executadas.

Especificação Particular

ARTERIS ES 042 – REMENDOS PROFUNDOS

1. OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na execução de remendos profundos em pavimentos flexíveis.

2. ESPECIFICAÇÕES A SEREM CONSULTADAS

- ARTERIS ES 027 - Especificação Particular para Execução de Concreto Asfáltico – CA.
- ARTERIS ES 09 - Especificação Particular para Execução de Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC.
- DNIT ME 024 - Pavimento - determinação das deflexões pela Viga Benkelman.

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3. DEFINIÇÃO

Define-se Remendo Profundo em pavimento flexível como o serviço de recuperação de uma área com baixa condição de suporte, requerendo recuperação em espessura superior a 10 cm e extensão máxima de 40 m.

Recuperações com extensão maiores do que 40m configuram uma restauração do pavimento e a solução deve ser dada através do projeto do pavimento.

4. LEVANTAMENTO DAS ÁREAS A SEREM RECUPERADAS

A necessidade do reparo profundo deve ser definida por inspeção visual do Engenheiro de obras, que deve complementá-la com abertura de janelas para verificar o estado das camadas, e com medidas de deflexões com a Viga Benkelman (DNIT ME 024).

A deflexão admissível na superfície do pavimento deve ser estabelecida no projeto.

As áreas devem ser delimitadas antes do início dos serviços pela aparência da pista e confirmadas com a viga Benkelman.

As demarcações devem ter configuração retangular, envolver toda a área comprometida, com folga mínima de 20 cm e largura de no mínimo 1,25 m para permitir a entrada de rolo compactador.

Os serviços devem ser planejados antecipadamente com dimensionamento dos recursos necessários, horário de trabalho e sinalização adequada para garantir sua conclusão no mesmo dia, para evitar transtornos para os usuários.

5. EXECUÇÃO DO SERVIÇO

No início da escavação, o Inspetor de Campo deve anotar os tipos e espessuras do pavimento original, para registro. O preenchimento das camadas deve considerar sempre a continuidade das camadas do pavimento, visando à drenagem.

A área comprometida deve ser removida até atingir uma superfície consolidada, sem umidade excessiva e desagregação.

O material escavado deve ser levado para bota-fora aprovado.

Remendo com uso de fresadora: o corte dos bordos deve manter a inclinação deixada pela fresa e a escavação das diversas camadas deve ser executada com o mesmo escalonamento do item anterior.

As paredes da seção resultante devem apresentar inclinações de, no mínimo, 4V:1H.

O fundo da seção deve:

- Apresentar as mesmas declividades transversal e longitudinal do pavimento original;

- Ter uma saída no ponto mais baixo, para drenar a água para fora da pista, com corte na seção transversal seguindo para o acostamento. A valeta deve estar abaixo do fundo da seção, no mínimo, 5,0 cm e ter uma declividade, de montante para jusante mínima de 3%.
- Ser limpo com vassouras e ar comprimido;
- Estar consolidado sem material solto;

Se o fundo da seção atingir o subleito, o engenheiro responsável pela obra deve avaliar a necessidade de aprofundar a escavação e substituir o material para que se obtenha um subleito com capacidade de suporte adequada.

Abaixo é apresentado sucintamente o detalhamento das atividades que contemplam os serviços de remendos profundos.



(i) Fechamento e fresagem com fresadora na cota de interesse



(ii) Controle da espessura de corte



- (iii) Drenagem a jusante do greide longitudinal (iv) Execução das camadas de pavimento tipo do remendo profundo

6. PROJETO DE REMENDO PROFUNDO

CA faixa 2 SPV 12,5	6 cm
CA faixa 2 SPV 12,5	6 cm
BGTC com 5% de cimento	Variável

7. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade das camadas executadas deve ser executado de acordo com as respectivas especificações discriminadas no item 2.

As modificações de projeto definidas em campo, deverão ser aprovadas pelo Engenheiro de Coordenador Obras.

8. ACEITAÇÃO

Os serviços serão aceitos, se forem atendidos todos os requisitos desta especificação.

Especificação Particular

ARTERIS ES 044 – CORREÇÃO DE GRADE EM ACOSTAMENTOS

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada para a execução de Correção de Grade em Acostamentos - CGA, constituída de aplicação de uma (Cunha) camada de espessura variável de Pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero - PMF, coberta por uma camada de Lama Asfáltica - LA.

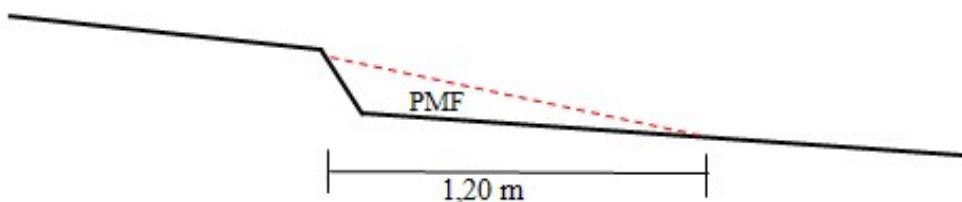
2. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

- DNIT - ES 314 - Pavimentação - lama asfáltica

3. EXECUÇÃO

A correção será executada, resumidamente, nas seguintes etapas:

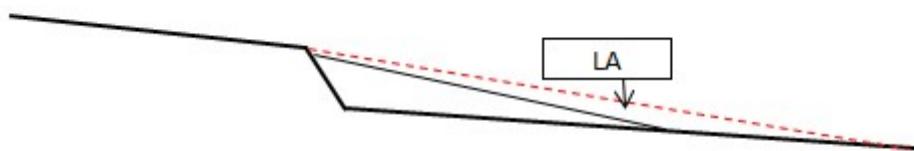
- Aplicação da camada de Pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero - PMF, na largura de 1,20m com espessura variável, e de acordo com a faixa granulométrica especialmente desenvolvida para este fim.



PMF ESPECIAL	
--------------	--

% Passa na Malha	Malhas
100 – 100	1"
100 – 100	3/4"
95 – 100	1/2"
45 – 100	3/8"
25 – 45	Nº 4
14 – 30	Nº 10
0 – 8	Nº 200

- Aplicação da camada de LA de acordo com a especificação DNIT - ES 314, na largura total do acostamento.



4. CONTROLE

4.1. CONTROLE TECNOLÓGICO

O controle tecnológico será feito de acordo com as especificações citadas no item 2.

5. ACEITAÇÃO

A aceitação dos serviços será de acordo com as especificações citadas no item 2.

Especificação Particular

ARTERIS ES 048 – PAVIMENTO DE CONCRETO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de pavimentos rígidos de concreto simples de cimento Portland, para uso em estradas de rodagem. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes, em suas versões mais recente:

NBR 16697 - Cimento Portland – Requisitos.

NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto - Procedimento.

NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio.

NBR 7211 - Agregado para concreto - Especificação.

NBR 7212 - Execução de concreto dosado em central - Procedimento.

NBR 7480 - Bases e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado - Especificação.

NBR 7481 - Tela de aço soldada - armadura para concreto - Especificação.

NBR 7680 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Procedimento.

NBR 11768 - Aditivos para concreto de cimento Portland - Especificação.

NBR 12142 - Concreto - determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismático - Método de ensaio.

NBR 12655 - Concreto - preparo, controle e recebimento - Procedimento.

NBR 12821 - Preparação de concreto em laboratório - Procedimento.

NBR 16887 - Concreto - Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico

NBR 15558 - Concreto - Determinação da exsudação

NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento

DNER 037-EM - Agregado graúdo para concreto de cimento.

DNER 038-EM - Agregado miúdo para concreto de cimento.

DNIT 137-ES - Pavimentação - regularização do subleito.

DNIT 138-ES - Pavimentação - reforço do subleito.

DNIT 036-ME - Pavimento rígido - água para amassamento do concreto de cimento Portland - ensaios químicos - Método de ensaio.

DNIT 037-ME - Pavimento rígido - água para amassamento do concreto de cimento Portland - ensaios comparativos - Método de ensaio.

DNIT 046-EM - Pavimento rígido - selante de juntas - Especificação de material.

DNIT 047-ES - Pavimento rígido com equipamento de pequeno porte - Especificação de serviço.

DNIT 048-ES - Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com fôrma trilho - Especificação de serviço.

DNIT 050-EM - Pavimento rígido - cimento Portland - Especificação de material.

DNIT 055-ME - Pavimento rígido - prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimento - Método de ensaio.

DNIT 064-ME - Pavimento rígido - determinação da consistência do concreto pelo consistômetro VeBe - Método de ensaio.

DNIT IPR-714 – Manual de pavimentos rígidos

3. DEFINIÇÕES

Para o efeito desta norma são adotadas as seguintes definições:

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

3.1. Pavimento de concreto simples

Pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento, não armadas ou com armadura sem função estrutural, que desempenham simultaneamente as funções de base e sub-base.

4. CONDIÇÕES GERAIS

O início e desenvolvimento dos serviços de execução de um pavimento rígido pertinente a um segmento viário se condicionam à rigorosa observância do disposto das subseções 4.1, 4.2 e 4.3 a seguir.

4.1. Sub-base

Assentar as placas de concreto sobre uma sub-base executada com material e espessura definidos em projeto, assegurando um suporte uniforme ao longo do tempo.

4.2. Concreto cimento Portland para pavimento

O concreto destinado à execução de pavimentos rígidos deverá ser determinado segundo as normas NBR 12821 e NBR 12655, e atender aos requisitos da NBR 6118, de maneira a obter uma mistura fresca com trabalhabilidade que atenda as especificações de lançamento e adensamento do projeto, um produto durável de baixa permeabilidade que satisfaça às condições de resistência mecânica, desempenho em serviço e acabamento conforme a especificação.

4.3. Recebimento de materiais

O recebimento e armazenamento dos materiais a serem utilizados na mistura, deverá ser realizado conforme recomendado nas normas DNIT 050-ME, DNER 037 EM e DNER 038 EM, devendo ser submetido a uma verificação preliminar de natureza e documentação, para fins de observância do que foi estipulado.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Materiais

5.1.1. Cimento Portland

Os tipos de cimento Portland considerados adequados à pavimentação de concreto simples são: CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV.

Outros tipos de cimento Portland poderão ser empregados desde que devidamente comprovada a sua adequação à obra.

5.1.1.1. Caracterização tecnológica

O cimento Portland, conforme seu tipo e classe especificado no projeto, deverá atender às exigências das normas ABNT NBR 16697, e outras características podem ser exigidas, na mitigação de reações álcali-agregados.

5.1.1.2. Durante à obra

Durante à obra, cada amostra representativa do lote (DNIT 050 EM), empregado na mistura, deverá ser submetida a ensaios de aceitação por laboratório da própria obra ou de terceiros, seguindo um plano de ensaios de acordo com o projeto, atendendo os requisitos da ABNT NBR 16697.

5.1.2. Agregados

Para os agregados destinados à produção de concreto com cimento Portland destinado para as obras de pavimentação rígida, são exigidas condições especiais. Isto se deve ao fato de ser necessário para o concreto de pavimentação, que ele tenha maior resistência à tração, menores variações volumétricas, menor suscetibilidade à fissuração, resistência à fadiga e elevada durabilidade à ação do meio ambiente e a ação abrasiva do tráfego.

5.1.2.1. Caracterização tecnológica

Por ocasião da pré-seleção das fontes de suprimento de agregados para o concreto, a caracterização tecnológica deles terá por objetivo a qualificação destas fontes, mediante os ensaios estabelecidos nas normas da ABNT, DNER e DNIT.

5.1.2.2. Durante à obra

Para cada amostra representativa do lote dos agregados miúdos e graúdos (DNER 037 EM e DNER 038), deverá seguir um programa de controle conforme o projeto, contendo um plano de ensaios, de modo que os agregados atendam às exigências da ABNT NBR 7211.

5.1.3. Água

Deverá atender os limites máximos indicados abaixo, de acordo com o procedimento apresentado na norma DNIT 036 - ME.

pH	Entre 5 e 8
matéria orgânica, expressa em oxigênio consumido	3 mg/l
resíduo sólido	5000 mg/l
sulfatos, expressos em íons SO ₄	600 mg/l
cloreto, expressos em íons Cl	1000 mg/l
açúcar	5 mg/l

Para verificar se a água é prejudicial ao concreto, deverão ser feitos ensaios comparativos de tempo de pega e de resistência à compressão, realizados, respectivamente em pasta e argamassa de cimento, segundo a norma DNIT 037-ME.

A água deverá apresentar os seguintes resultados:

- a) Tempo de início de pega diferindo de \pm 30 min em relação à da pasta preparada com uma água de referência.
- b) Resistência à compressão maior ou igual a 85% em relação à da argamassa preparada com a água de referência, em ensaio realizado de acordo conforme DNIT 037-ME.

5.1.4. Aditivos

Os aditivos empregados poderão ser redutores de água do tipo 1 ou 2 retardadores de pega, e/ou redutores de retração, entre outros, desde que atendam à norma NBR 11768, e recomendações da NBR 12655, em seu item 5.1.2.5. Não sendo permitido o uso de aditivos à base de cloreto.

A dosagem do aditivo no concreto deverá ser conforme o recomendado pelo fabricante, em função da temperatura ambiente, podendo ser alterada para mais ou para menos em função dos efeitos obtidos, tipo de cimento empregado e outras condições. Fixada esta dosagem no início da concretagem, ela não deverá ser alterada, a menos que haja prévio acordo entre as partes interessadas e/ou a realização de novos estudos experimentais de dosagem.

5.1.5. Aço

O aço para as eventuais barras de transferência ou de ligação deverá obedecer à norma NBR 7480.

As barras de transferência deverão ser obrigatoriamente lisas e retas, de aço tipo CA-25.

Nas barras de ligação usa-se o aço CA-50 e admite-se o emprego alternativo do aço CA-25.

As telas soldadas empregadas nas armaduras de combate à fissuração deverão atender à norma NBR 7481.

5.1.6. Selante para juntas

O material selante poderá ser moldado a quente, moldado a frio ou pré-moldado, e deverá ser de produção industrial, atendendo a norma DNIT 046-EM.

5.1.7. Material para enchimento das juntas de dilatação

Como material de enchimento da parte inferior das juntas de dilatação, poderão ser empregadas fibras trabalhadas, cortiça, borracha esponjosa, poliestireno ou pinho sem nó devidamente impermeabilizado.

5.1.8. Película isolante e impermeabilizante

Como película isolante e impermeabilizante entre a placa do pavimento e a sub-base poderá ser usada:

- a) Membrana plástica, flexível, com espessura entre 0,2mm e 0,3mm;

- b) Papel do tipo "kraft" betumado, com gramatura mínima igual a 200g/m², contendo uma quantidade de cimento asfáltico de petróleo ou alcatrão não inferior a 60g/m²;
- c) Pintura betuminosa, executada com emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média, com taxa de aplicação entre os limites de 0,8 l/m² e 1,6 l/m².

5.1.9. Material para a cura do concreto

Os materiais para cura do concreto poderão ser água, tecido de juta, cânhamo ou algodão, lençol plástico, lençol de papel betumado ou alcatroado e compostos químicos líquidos capazes de formar películas plásticas.

O lençol plástico e o lençol de papel betumado deverão apresentar as mesmas características exigidas para seu emprego como material isolante, definidas no item 5.1.8.

Os compostos químicos líquidos deverão ser à base de PVA ou polipropileno, ter pigmentação branca ou clara e obedecer aos requisitos da norma ASTM-C 309.

Os tecidos deverão ser limpos, absorventes, sem furos, e, quando secos, pesar um mínimo de 200g/m².

5.1.10. Concreto

O concreto do pavimento deverá atender aos seguintes requisitos:

- a) Resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) definida no projeto ou, então, a resistência característica à compressão axial equivalente (f_{ck}), desde que seja determinada em ensaio a correlação entre estas resistências e que a resistência de compressão, seja $\geq 35,0$ MPa, utilizando os materiais que serão efetivamente usados na obra de acordo ao indicado ao projeto ou pela supervisão:
 - A resistência à tração na flexão será determinada em corpos de prova prismáticos, conforme os procedimentos constantes nas normas NBR 5738 e NBR 12142.
 - A resistência à compressão axial será determinada em corpos-de-prova cilíndricos, conforme os procedimentos constantes nas normas NBR 5738 e NBR 5739.
 - A idade de controle da resistência característica será aquela definida no projeto.

- As etapas de preparo devem seguir a normativa ABNT NBR 12655.

5.1.10.1. Estudo de dosagem

O estudo de dosagem deve ser realizado no laboratório, da central de concreto fornecedora ou laboratório de referência, com os mesmos materiais a serem utilizados na obra.

O estudo de dosagem é de obrigação da central de concreto fornecedora e de interesse da construtora, adquirente de concreto, bem como da contratante e fiscalizadora, poderá ser de responsabilidade da construtora, quando esta for a proprietária da central de concreto, ou o concreto for dosado “in-loco”. Nestas condições a construtora deverá manter, no canteiro de obras, um Laboratório, próprio ou contratado, **onde a fiscalização tenha livre acesso**.

Na dosagem racional do concreto também devem ser considerados os requisitos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos para a Dosagem do Concreto

Características	Método de Ensaio	Valores Recomendados
Consumo mínimo de cimento	-	320 kg/m ³
Relação água/cimento máxima	-	0,50
Agregado Graúdo	-	Dimensão máxima característica < 1/3 da espessura da placa de concreto, nunca superior a 50 mm
Abatimento (mm)	NBR 16889	Conforme a forma de aplicação
Resistência característica à tração na flexão	NBR 12142	≥ a definida em projeto
Teor de Ar Incorporado	NBR 16887	≤ 3,0%
Exsudação	NBR 15558	≤ 1,5%

5.1.10.2. Composição do concreto

O traço deve ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto e é esta formulação que, através de uma “Carta-Traço”, conforme NBR 7212, deverá ser

oferecida ao adquirente de concreto, juntamente com os ensaios de caracterização tecnológica dos materiais componentes, e o estudo de dosagem realizado, para que a fiscalização possa fazer uma avaliação, aprovando ou não, o produto oferecido. Para traços que apresentem eficácia comprovada, pode-se dispensar o estudo de dosagem experimental, através de uma análise teórica.

5.2. Equipamentos

Os principais equipamentos destinados à execução do pavimento são:

- a) Formas metálicas, para conter o concreto e servir como guias para a movimentação das unidades de distribuição e adensamento do concreto.
A superfície que se apoia sobre o terreno terá no mínimo 20cm de largura, nas formas de metal de até 20cm de altura, e largura no mínimo igual à altura, no caso de formas mais altas. As formas devem possuir, a intervalos máximos de 1m, dispositivos que garantam sua perfeita fixação ao solo e posterior remoção, sem prejuízo para o pavimento executado. O sistema de união das formas deve ser tal que permita uma ajustagem correta e impeça qualquer desnivelamento ou desvio;
- b) Distribuidora de concreto, regulável e com tração própria, podendo ser constituída de uma caçamba distribuidora de concreto na direção transversal à faixa de concretagem, ou de um cabeçote distribuidor que trabalha sobre um travessão metálico, também transversal à faixa de concretagem;
- c) Bateria de vibradores de imersão, com diâmetro externo de no máximo 40mm e régua vibratória;
- d) Vibro-acabadora de bitola ajustável, com frequência de no mínimo 3500 vibrações/min;
- e) Régua alisadora ou acabadora, diagonal ou não, tubular ou oscilante, de bitola ajustável;
- f) Perfil metálico tipo "T" para a execução de juntas moldadas;
- g) Máquina de serrar juntas com disco diamantado, com diâmetro e espessura apropriados, que possibilitem fazer a ranhura e o reservatório do selante com as dimensões especificadas em projeto;
- h) Ponte de serviço de madeira, de rigidez suficiente para não fletir e de comprimento igual à largura da placa de concreto mais 50cm;

- i) Rolo de cabo longo, preferencialmente de alumínio, com formas arredondadas;
- j) Desempenadeira de madeira, com área útil de no mínimo, 450cm²;
- k) Réguas para nivelamento, de madeira, de 3m de comprimento e com rigidez suficiente para não fletir;
- l) Vassouras de fios de nylon, com fios suficientemente rígidos para provocar ranhuras na superfície do pavimento, ou tiras de lona, para acabamento superficial das placas;
- m) Ferramentas com ponta em cinzel, que penetrem nas juntas e vassouras de fios duros para limpeza das juntas;
- n) Compressor de ar comprimido;
- o) Desempenadeira de borda para acabamento de cantos das juntas moldadas.

5.3. Execução

É prática internacionalmente consagrada, no campo da pavimentação rígida, a introdução de uma camada delgada de sub-base, com as funções principais de: proporcionar suporte razoavelmente uniforme e constante, bem como eliminar a ocorrência do fenômeno de bombeamento dos finos do subleito, causa primordial da ruína de grande parte dos antigos pavimentos de concreto.

5.3.1. Subleito

O subleito deverá ser regularizado segundo o procedimento da Norma DNER-ES 299 e se necessário, reforçado do modo indicado na norma DNER-ES 300.

Concluída a operação de preparo do subleito, este será testado através de provas de carga para determinação do coeficiente de recalque (k) conforme a norma DNIT 055-ME, feita aleatoriamente nas bordas e no eixo do futuro pavimento de concreto, no mínimo a cada 100 m, ou nos casos de solos homogêneos, a cada 200 m e nos pontos onde for julgado necessário.

Poderá ser admitido que o controle do coeficiente de recalque seja feito por execução de ensaios de Índices de Suporte Califórnia (ISC), em número estatisticamente significativo, a partir dos quais será avaliado o coeficiente de recalque (k) através de curvas de correlação apropriadas.

5.3.2. Sub-base

Será executada consoante com as especificações estabelecidas para o tipo projetado, devendo ser mantida sua conformação geométrica até a ocasião da execução do pavimento de concreto.

5.3.3. Assentamento de formas e preparo para a concretagem

As formas deverão ser assentes à camada subjacente, firmes, com base no alinhamento do eixo da pista. Deverão ser fixas com ponteiros de aço em todo a sua extensão, a cada metro, de modo a suportar, sem deslocamento, os esforços inerentes ao trabalho, não se permitindo apoios isolados.

O topo das formas deverá coincidir com a superfície de rolamento prevista, fazendo-se necessária a verificação do alinhamento e do nivelamento, admitindo-se desvios altimétricos de até 3 mm e diferenças planialtimétricas não superiores a 5 mm com relação ao projeto.

Deverá ser feita a verificação do fundo de caixa, não se admitindo espessura, ao longo de toda a seção transversal, inferior à especificada no projeto.

Caso tenha sido recomendada a colocação de película impermeabilizante e isolante sobre a superfície de sub-base, deve ser verificado se esta película está adequadamente esticada e se as emendas são feitas com recobrimento de, no mínimo, 20 cm.

As formas deverão ser untadas de modo a facilitar a desmoldagem, com produtos homologados mediante históricos de uso, e que não interfiram nos tempos de pega do concreto aplicado.

5.3.4. Mistura, transporte, lançamento e espalhamento do concreto

O concreto poderá ser produzido em betoneiras estacionárias ou em centrais dosadoras, podendo os materiais serem medidos tanto em massa como em volume, exceto o cimento, que deverá sempre ser medido em massa. No caso do concreto fornecido por usina comercial deverão ser atendidas as condições estipuladas na norma NBR 7212.

O lançamento do concreto deverá ser feito, de preferência, lateralmente à faixa a executar.

O transporte do concreto, quando não for feito em caminhão betoneira, deverá ser realizado em equipamento capaz de evitar a segregação dos materiais componentes da mistura, onde o período máximo entre a mistura (a partir da adição da água) e o lançamento do concreto deverá

ser de 30 minutos, proibida a redosagem sob qualquer forma. Quando for usado caminhão betoneira e houver agitação do concreto durante o transporte e a sua descarga, este período poderá ser ampliado para 90 minutos.

O espalhamento do concreto pode ser feito com auxílio de ferramentas manuais ou executado eventualmente a máquina, porém, qualquer processo utilizado deve garantir uma distribuição homogênea, de modo a regularizar a camada na espessura a ser adensada.

5.3.5. Adensamento do concreto

O adensamento deverá ser feito pelos vibradores de imersão e pela régua vibratória.

Nos cantos das formas devem ser aplicados os vibradores, de modo a corrigir deficiências no adensamento do concreto quando da vibração superficial pela régua vibratória.

A verificação da regularidade longitudinal da superfície deverá ser feita através de uma régua de 3 m de comprimento.

Qualquer variação na superfície, superior a 5 mm, seja uma depressão ou uma saliência, deverá ser corrigida de pronto, sendo as saliências cortadas e as depressões preenchidas com concreto fresco.

5.3.6. Acabamento do concreto

O acabamento deve ser executado logo após o adensamento, que consta pela passagem da régua acabadora em deslocamentos longitudinais, com movimentos de vaivém, em seguida deverá proceder-se ao acabamento com tiras de lona ou com vassouras de fios de “nylon”, que provocarão ranhuras na superfície da placa.

A tira de lona deve ser aplicada transversalmente num deslocamento de vaivém, enquanto a vassoura de fios de “nylon” deve ser passada na direção transversal à faixa concretada. As ranhuras devem ser contínuas e uniformes ao longo da largura da placa.

5.3.7. Identificação das placas

Todas as placas de concreto receberão um número de identificação impresso em um de seus cantos.

5.3.8. Execução das juntas

Todas as juntas devem estar conforme com as posições indicadas no projeto, não se permitindo desvios de alinhamento superiores a 5 mm.

- a) Juntas longitudinais: O pavimento deverá ser executado em faixas longitudinais parciais, devendo a posição das juntas longitudinais de construção coincidir com a das longitudinais de projeto.

Retirada a forma da junta, a face lateral da placa será pintada com material apropriado que impeça a aderência entre a faixa executada e a futura faixa.

- b) Juntas transversais: As juntas transversais deverão ser retilíneas em toda a sua extensão e perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento, salvo em situações particulares indicadas no projeto. Deverão ser executadas de modo que as operações de acabamento da superfície possam processar-se continuamente como se as juntas não existissem.

A locação das seções onde serão executadas as juntas deverá ser feita por medidas topográficas, devendo ser determinadas as posições futuras por pontos fixos estabelecidos nas duas margens da pista, ou, ainda, sobre as formas estacionárias.

Quando for adotado o processo de abertura de junta por moldagem (ou inserção), a introdução do perfil deve ser feita por vibração, com o concreto ainda fresco e após o acabamento, sendo corrigidas todas as irregularidades provenientes desta operação.

Quando a junta for serrada deverá ser feito um plano para a abertura das juntas, procedendo-se ao corte no prazo máximo de 6h a 48h do término da concretagem.

- c) Juntas transversais de construção: Ao fim de cada jornada de trabalho, ou sempre que a concretagem tiver de ser interrompida por mais de 30 minutos, deverá ser executada uma junta de construção, cuja posição deve coincidir com a de uma junta transversal indicada no projeto. No caso de impossibilidade do prosseguimento da concretagem até uma junta transversal projetada, deverá ser executada, obrigatoriamente, uma junta transversal de construção de emergência, de tipo previsto no projeto.

d) Barras de ligação nas juntas longitudinais:

As barras de aço utilizadas como barras de ligação devem ter o diâmetro, espaçamento e comprimento definidos no projeto e estarem limpas e isentas de óleo ou qualquer substância que prejudique sua aderência ao concreto.

e) Barras de transferência nas juntas transversais:

Serão obrigatoriamente lisas e retas, com o diâmetro, espaçamento e comprimento definidos no projeto.

O processo de instalação deverá garantir a sua imobilidade na adequada posição, mantendo-as paralelas à superfície acabada e ao eixo longitudinal do pavimento.

Estas barras deverão ter metade do comprimento mais 2 cm pintados e engraxados, de modo a permitir a livre movimentação da junta. Nas juntas de construção que não coincidem com uma junta de contração, a barra não terá trecho pintado ou engraxado.

O capuz que recobre a extremidade deslizante da barra de transferência das juntas de dilatação deve ser suficientemente resistente, para não amassar durante a concretagem. A folga entre a extremidade fechada do capuz e a ponta livre da barra, estabelecida no projeto, deverá ser garantida durante a concretagem.

No alinhamento destas barras são admitidas as tolerâncias seguintes:

- i. o desvio máximo das extremidades de uma barra, em relação à posição prevista no projeto, será de $\pm 1\%$ do comprimento da barra;
- ii. em pelo menos dois terços das barras de uma junta, o desvio máximo será de $\pm 0,7\%$.

5.3.9. Colocação da tela de armação

Nas placas de dimensões irregulares e acima dos padrões normalmente adotados, deverá ser colocada uma tela soldada, cujo tipo será definido no projeto. Esta tela deve ser colocada a 5 cm da superfície do pavimento e no máximo até meia altura da espessura da placa, devendo distar 5 cm de qualquer bordo da placa.

5.3.10. Cura do concreto

O período total de cura deverá ser de 7 dias, compreendendo um período inicial de aproximadamente 24 horas, contadas tão logo seja terminado o acabamento do pavimento, seguido de um período final, até o concreto atingir a idade de 7 dias.

No período inicial de cura não será admitido sobre o pavimento qualquer espécie de trânsito. Deve ser empregada a cura química, aplicando-se em toda a superfície do pavimento um composto químico líquido que forma película plástica, à razão de 0,35 l/m² a 0,50 l/m².

Após o período inicial de cura, a superfície do pavimento deverá ser coberta com qualquer dos produtos mencionados no item 5.1.9 ou combinações apropriadas desses materiais, ou outro tipo adequado de proteção, que evite a exposição do concreto às intempéries e à perda brusca de umidade. Quando a cura se por tecidos, papel betumado ou lençol plástico, deve-se superpor as tiras em pelo menos 10 cm. No caso de ocorrer a necessidade da retirada desses materiais de algum local, a sua reposição deverá ser feita dentro de 30 minutos, no máximo.

5.3.11. Desmoldagem

As formas só poderão ser retiradas quando decorrerem pelo menos 12 horas da concretagem. Poderão, entretanto, ser fixos prazos diferentes, para mais ou para menos, desde que o concreto possa suportar sem nenhum dano a operação de desmoldagem e atendendo-se, ainda, a um máximo de 24 horas. Durante a desmoldagem deverão ser tomados os cuidados necessários para evitar o esborcimento dos cantos das placas.

As faces laterais das placas, ao serem expostas pela remoção das formas, deverão ser imediatamente protegidas por meio que lhes proporcione condições de cura análogas às da superfície do pavimento.

5.3.12. Selagem de juntas

O material de selagem só poderá ser aplicado quando os sulcos das juntas estiverem limpos e secos, empregando-se para tanto, ferramentas com ponta em cinzel que penetrem na ranhura das juntas sem danificá-las, vassouras de fios duros e jato de ar comprimido.

O material selante deve ser cautelosamente colocado no interior dos sulcos, sem respingar na superfície, e em quantidade suficiente para encher a junta sem transbordamento. Qualquer excesso deverá ser prontamente removido e a superfície limpa de todo material respingado.

A profundidade de penetração do material selante deverá ser aquela definida no projeto.

6. MANEJO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução do pavimento de concreto são:

6.1. Na exploração das ocorrências de materiais

Atendimento às recomendações preconizadas nas especificações DNER-ES-281, e DNER-ISA 07.

No caso de material pétreo (agregados graúdos), deverão ser tomados os seguintes cuidados na exploração das ocorrências desses materiais:

- a) O material será somente aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da Obra;
- b) Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- d) Não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- e) As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da especificação DNER- ES 279;
- f) Deverão ser construídas, junto as instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó-de-pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando seu carregamento para cursos d'água;
- g) Caso seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;
- h) Caso o licitante opte pela implantação de pedreiras ou areais (indicados ou não em projeto) será de sua responsabilidade e custos a obtenção do licenciamento ambiental

junto aos órgãos competentes. Neste caso deverão ser mantidas as características técnicas especificadas em projeto para estes agregados e não serão admitidos investimentos financeiros aos custos licitados.

6.2. Na execução

Os cuidados para a preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos nos caminhos de serviço para evitar danos ao meio ambiente, bem como a deposição irregular de sobras de materiais utilizado, junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação.

Todos os resíduos gerados, deve receber destinação adequada, respeitando um plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

7. INSPEÇÃO

7.1. Controle dos insumos

No controle de recebimento dos materiais deverão ser adotados os procedimentos recomendados no item 5.1 desta norma, e ser seguido o plano de ensaios conforme com o projeto.

7.2. Controle da produção (execução)

Deverão ser realizados no concreto os ensaios relacionados nos itens 7.2.1 e 7.2.2.

7.2.1. Determinação do abatimento do concreto

Deverá ser feita segundo a norma NBR16889, em amostra coletada de cada amassada (ou betonada).

7.2.2. Determinação da resistência do concreto

7.2.2.1. Resistência de controle

Na inspeção do concreto deverá ser determinada a resistência à tração na flexão na idade de controle fixada no projeto, ou então a resistência à compressão axial, desde que tenha sido estabelecida por ensaios, para o concreto em questão, uma correlação confiável entre a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão axial.

7.2.2.2. Moldagem dos corpos-de-prova

A cada trecho de, no máximo, 2,500 m² de pavimento ou 1.000 m³ de concreto, definido para inspeção, devem ser moldados, aleatoriamente, no mínimo, 32 exemplares de corpos de prova ou de acordo a supervisão, sendo cada exemplar constituído por 2 corpos de prova prismáticos de uma mesma betonada, cujas dimensões, preparo e cura devem concordar com a norma NBR 5738, tomando-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos. Na identificação dos corpos de prova deverá constar a data da moldagem, a classe do concreto, a identificação da placa onde foi lançado o concreto (ver 5.3.7 desta norma) e outras informações julgadas necessárias.

7.2.2.3. Ensaios

Os corpos de prova deverão ser ensaiados na idade de controle fixada no projeto, sendo a resistência à tração na flexão determinada nos corpos de prova prismáticos, conforme a norma NBR 12142, e a resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndricos, consoante a norma NBR 5739 e frequência segundo a indicação da norma NBR 12655.

Dos 2 resultados obtidos será escolhido o de maior valor, que será considerado como sendo a resistência do exemplar.

7.3. Controle do produto

7.3.1. Controle geométrico

Durante a execução de cada trecho de pavimento definido para inspeção, procede-se à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 m em 20 m ao longo do eixo, para verificar se a largura e a espessura do pavimento correspondem com o projeto.

Para a verificação da espessura, esta relocação e nivelamento deverão ser feitos nos mesmos pontos, tanto no topo da sub-base (antes da execução do pavimento de concreto), como no topo do pavimento de concreto (após a sua execução).

O trecho de pavimento será aceito quando:

- A variação na largura da placa for inferior a $\pm 1\%$ em relação à definida no projeto;
- A espessura média do pavimento for igual ou maior que a espessura de projeto e a diferença entre o maior e o menor valor obtido para as espessuras seja no máximo de 1 cm.

7.3.2. Controle da irregularidade longitudinal

O equipamento indicado para a determinação da irregularidade longitudinal é o Perfilógrafo Califórnia, que permite o registro do perfil longitudinal do pavimento e o cálculo do índice de perfil (IP). O pavimento pode ser aceito quanto à irregularidade longitudinal quando o IP médio for igual ou inferior a 240 mm/km. Se um índice de perfil médio de 240 mm/km for excedido em alguma operação diária de pavimentação, as operações de pavimentação devem ser suspensas e não deve ser permitido recomeçar até que ações corretivas sejam feitas pelo contratado.

Opcionalmente, o acabamento longitudinal da superfície pode ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade do tipo resposta (DNER-PRO 182 e DNER-PRO 164). Nesse caso, o quociente de irregularidade (QI) deve apresentar valor inferior ou igual a 25 contagens por quilômetro ($IRI \leq 1,9$ m/km). Outro dispositivo equivalente para esta finalidade poderá ser empregado, desde que previamente aprovado pela supervisão.

7.3.3. Controle das condições de segurança

As condições de segurança do revestimento de concreto de cimento acabado devem ser determinadas através de métodos e equipamentos de medida de textura, para avaliação da resistência à derrapagem. Para avaliação desta resistência deve ser utilizado o ensaio de mancha de areia, de segundo o método ASTM E965, a cada 100 m. O valor da altura da mancha de areia deve ser:

Altura da mancha de areia (HS): $0,6 \text{ mm} \leq HS \leq 1,2 \text{ mm}$

7.4. Condições de conformidade e não-conformidade

7.4.1. Resistência do concreto

7.4.1.1. Determinação da resistência característica

A resistência característica estimada do concreto do trecho inspecionado à tração na flexão ou à compressão axial será determinada a partir das expressões:

$$fctM_{est} = fctM_{28} - K_s$$

ou

$$fck_{est} = fc_{28} - K_s$$

Onde:

$fctM_{est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à tração na flexão;

$fctM_{28}$ = resistência média do concreto a tração na flexão, na idade de 28 dias;

fck_{est} = valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial;

fc_{28} = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 28 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

k = coeficiente de distribuição de Student;

n = número de exemplares.

O valor do coeficiente k é função da quantidade de exemplares do lote, sendo obtido na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de distribuição de Student

Amostragem Variável														
n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32	
k	0,92	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842	

7.4.1.2. Verificações suplementares

- a) Quando não houver aceitação automática deverão ser extraídos no trecho, em pontos uniformemente espaçados, no mínimo, 6 corpos de prova cilíndricos, segundo a norma NBR 7680, ou corpos de prova prismáticos, conforme a norma ASTM-C 42, os quais serão ensaiados respectivamente à compressão axial (norma NBR 5739) e à tração na flexão (norma NBR 12142). Estes corpos de prova devem ser extraídos das placas que apresentarem as menores resistências no resultado do controle.
- b) Se o trecho ainda não for aceito deverá ser adotada, segundo o parecer da supervisão e sem ônus para o contratante, na demolição e reconstrução pavimento.

Plano de Controle Referencial					
<i>Pavimento Rígido</i>					
Produto / Serviço	Inspeções e Ensaios	Especificações (parâmetros) / Critérios de aceitação	Cálculos estatísticos / Valores individuais	Método / Procedimento	Frequência
DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO (PARA O RESPONSÁVEL PELA MISTURA)					
01. Aditivos	Uniformidade (Sólidos, Teste PH e Densidade)	Conferência de valores/Critérios em relação ao certificado da qualidade emitido pelo fornecedor.	Resultados individuais	ABNT NBR 11768	No início do fornecimento, e na mudança das características.
02. Agregado Gráduo para Concreto	Análise Granulométrica	Conforme a faixa de trabalho do material mineral	Resultados individuais	NBR 17054:2022 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Índice de forma	ABNT NBR 7211		ABNT NBR 7809:2019 / ABNT NBR 7211	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	Abrasão "Los Angeles"	≤ 50 % da massa do material		ABNT NBR 16974:2021 / ABNT NBR 7211	No início e a cada 6 meses.
	Teor de material pulverulento	Conforme tabela 7 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 16973:2021 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Torões de argila e materiais friáveis	Conforme tabela 7 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 7218:2010 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Determinação de sais, cloreto e sulfatos solúveis	Conforme tabela 4 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 9917:2009 / ABNT NBR 7211	No início do fornecimento / Agregados provenientes de regiões litorâneas

	Determinação da densidade e da absorção de água	Conforme a Mineralogia do Material		ABNT NBR 16917:2021 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Massa Unitária e Índice de Vazios	Conforme Norma Técnica referida		ABNT NBR 16972:2021 / ABNT NBR 7211	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	Resistência ao esmagamento	Conforme norma referida / DNER EM 037		ABNT NBR 9938:2013	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	RAA- Reatividade Ácali Agregado (cimento padrão)	Conforme especificado em norma		ABNT NBR 15577:2008 / Parte 4	No início do fornecimento, e na mudança das características.
03. Agregado Miúdo para concreto	Análise Granulométrica	Conforme tabela 2 da ABNT NBR 7211 / para zona utilizável	Resultados individuais	ABNT NBR 7211 / NBR NM 248:2003	Semanalmente
	Módulo de Finura	Conforme norma referida / DNER EM 037		ABNT NBR 7211 / NBR NM 248:2003	Semanalmente
	Teor de material pulverulento	Conforme tabela 3 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 16973:2021 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Torrões de argila e materiais friáveis	Conforme tabela 3 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 7218:2010 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Impureza Orgânica em Área Natural	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução padrão		ABNT NBR NM 49:2001 / ABNT NBR 7211	Semanalmente
	Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis	Conforme tabela 4 da ABNT NBR 7211		ABNT NBR 9917:2009	No início do fornecimento / Agregados provenientes de regiões litorâneas
	Determinação da densidade e da absorção de água	Conforme a Mineralogia do Material		ABNT NBR 16916:2021	Semanalmente
	Massa Unitária e Índice de Vazios	Conforme Norma Técnica referida		ABNT NBR 16972:2021	No início do fornecimento, e na mudança das características.
04. Água	Matéria orgânica	até 3mg/l / expressa em oxigênio consumido	Resultados individuais	DNER ME 036	No início do fornecimento, e na mudança das características.
05. Cimento Portland	Finura - Resíduo na peneira 75µm (%)	Tabela 4 - ABNT NBR 16697:2018	Resultados individuais	ABNT NBR 11579	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	Área Específica - Blaine (m²/kg)	Conforme Norma Técnica referida e tipo de cimento		ABNT NBR 16372:2015	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	Tempo de Início de Pega (h)	Tabela 4 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR 16607:2018	No início do fornecimento, e na mudança das características.
	Expansibilidade a Quente (mm)	Tabela 4 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR 11582:2016	No inicio do fornecimento, e na mudança das características.
	Resistência a compressão (Mpa)	Tabela 4 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR 7215:2019 / ABNT NBR 16697:2018	A cada lote de 30 TN / DNIT 050 EM
	Resíduo insolúvel (RI)	Tabela 3 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR NM 15:2012 / ABNT NBR NM 22:2012	No inicio do fornecimento, e na mudança das características.
	Perda ao fogo (PF)	Tabela 3 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR NM 18:2012	No inicio do fornecimento, e na mudança das características.
	Determinação de Dióxido de Silício, Óxido Férlico, Óxido de Alumínio, Óxido, de Cálcio e Óxido de Magnésio (MgO)	Tabela 3 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR NM 14:2012 e ABNT NBR 11-2:2012	No inicio do fornecimento, e na mudança das características.
	Trióxido de enxofre (SO3)	Tabela 3 - ABNT NBR 16697:2018		ABNT NBR NM 16:2012	No inicio do fornecimento, e na mudança das características.
06. Aço e Telas	Verificação de Qualidade	Atender o especificado na norma	Resultados individuais	NBR 7480 e NBR 7481	Formação de lotes conforme as normas indicadas
07. Material Selante de juntas	Verificação de Qualidade	Atender o especificado na norma		DNIT 046	Todo lote que chegar
ESTUDO e ELABORAÇÃO DE DOSAGEM DE TRAÇOS					
08. Dosagem de Traço para Concreto	Dosagem Experimental	Atender aos requisitos especificados no projeto	Resultados individuais	Determinados de acordo com o projeto ABNT NBR 12821:2009 / ABNT NBR 12655:2022	A cada traço novo ou alteração de fornecedor e/ou material.
	Determinação de Ar Incorporado	De acordo com a especificação do projeto	Resultados individuais	ABNT NBR 16887:2020	No inicio do fornecimento e solicitação da fiscalização.
	Abatimento/ Trabalhabilidade ("slump")	De acordo com a especificação do projeto	Resultados individuais	ABNT NBR 16889:2020	A cada caminhão
	Durabilidade	Conforme Norma Técnica referida	Resultados individuais	Determinados de acordo com o projeto	Na validação do traço

	Tração na flexão	$fctM, est \geq fctM, k$	Cálculo estatístico / resistência característica estimada do concreto à tração na flexão Conforme item 7.4.1.1	ABNT NBR 12142:2010	No mínimo 1 determinação a cada 30 m ³ de concreto que chegar à obra
	Resistência à compressão Axial	$fck, est \geq fck$	Cálculo estatístico / resistência característica estimada do concreto à compressão Conforme item 7.4.1.1	ABNT NBR 5739:2018	ABNT NBR 12655:2022
GEOMÉTRICO E ACABAMENTO					
09. Controle geométrico e acabamento	Espessura	A espessura média do lote for maior ou igual à espessura de projeto e a diferença entre o menor e o maior valor obtido para as espessuras seja no máximo de 1 cm.	Média aritmética	Medidas Topográficas	De acordo item 7.3.1
	Alinhamento das formas	No máximo ± 5 mm	A cada 3 m		
	Nivelamento das formas	No máximo ± 3 mm	A cada 3 m		
	Placas de concreto	± 1,5 mm de desnível entre duas placas; ± 5 mm nos alinhamentos	Entre duas placas consecutivas		
	Cotas de seção	± 1,5 mm de desnível entre duas placas; ± 5 mm nos alinhamentos	A cada 20m		
	Juntas	No máximo ± 5 mm	Aleatório		
CONDIÇÕES DE SEGURANÇA					
10. Condições de Segurança	Determinar a textura superficial através do ensaio de mancha de areia	Altura da areia situada entre 0,60 mm a 1,20 mm.	Resultados individuais	ASTM E 965	Uma determinação por faixa e espaçado no máximo a cada 100 m.
DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL					
11. Controle da irregularidade longitudinal.	Determinação da irregularidade longitudinal perfilógrafo Califórnia	IP médio igual ou inferior a 240 mm/km.	Média aritmética	-	Índice de perfil (IP) em lances máximos de 200 metros
	Determinação da irregularidade longitudinal - perilogravômetro a laser	Valor inferior a 1,9 m/km.	Média aritmética	DNER - PRO 182 DNER-PRO 164	IRI em lances máximos de 200 metros

Especificação Particular

ARTERIS ES 056 – PAVIMENTO RÍGIDO – BASE E SUB-BASE DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR)

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de base ou sub-base de concreto compactado com rolo (CCR), em estradas de rodagem.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio.
- NBR 6570 - Emulsões asfálticas - Determinação da sedimentação.
- NBR 7185 - Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia
- NBR 7680 - Concreto - Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto.
- NBR 14376 - Ligantes asfálticos - Determinação do teor do resíduo seco de emulsões asfálticas convencionais ou modificadas - Métodos expeditos
- NBR 14393 - Emulsões asfálticas - Determinação da peneiração.
- NBR 14491 - Emulsões asfálticas - Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- NBR 14950 - Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- NBR 7222 - Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos
- DNER EM 034 - Água para argamassa e concreto de cimento Portland - Especificação de material.
- DNER EM 037 - Agregado graúdo para concreto de cimento - Especificação de material.
- DNER EM 038 - Agregado miúdo para concreto - Especificação de material.

- DNER ME 046 - Concreto - moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos Método de ensaio.
- DNER ME 083 - Agregados - Análise granulométrica - Método de ensaio.
- DNER ME 196 - Agregados - Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo - Método de ensaio.
- DNER PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento.
- DNIT 011 - PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias - Procedimento.
- DNIT 050 - ME - Pavimento rígido - Cimento Portland - Especificação de material.
- DNIT 055 - ME - Pavimento rígido - Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação do pavimento - Método de ensaio.
- DNIT 070 - PRO - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - Procedimento.
- DNIT 056 - ES - Pavimento rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo - Especificação de serviço.
- DNIT 137 - ES - Pavimentação - Regularização do subleito - Especificação de serviço.
- DNIT 138 - ES - Pavimentação - Reforço do subleito - Especificação de serviço.
- DNIT 156 - ME - Emulsão asfáltica - Determinação da carga da partícula - Método de ensaio.
- DNIT 165 - EM - Emulsões asfálticas para pavimentação - Especificação de material.
- Resolução CONAMA 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.

3. DEFINIÇÕES

Para o efeito desta norma são adotadas as seguintes definições:

3.1. Concreto compactado com rolo (CCR) para base/sub-base de pavimento rígido

É um concreto simples com baixo consumo de cimento e consistência seca, permitindo a compactação com rolos compressores, ou equipamento similar.

4. CONDIÇÕES GERAIS

O início e desenvolvimento dos serviços de execução de uma base ou sub-base de CCR pertinente a um segmento viário se condicionam à rigorosa observância do disposto nas subseções 4.1, 4.2 e 4.3 a seguir.

4.1. Sinalização da obra

Antes do início dos serviços deve ser implantada a adequada sinalização da obra, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.

4.2. Concreto compactado com rolo

O concreto compactado por meio de rolos compressores (CCR), referidos nesta especificação particular, se destina à execução da base/sub-base de pavimento rígido e deve apresentar a seguinte característica:

Ser dosado por método racional, de modo a se obter com os materiais disponíveis uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para ser compactada com rolo liso vibratório, e resulte em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigidos por esta norma, e concorrente as exigências do projeto.

4.3. Recebimento de materiais

O recebimento e armazenamento dos materiais empregados na produção do CCR, deverá ser realizado conforme recomendado nas normas DNIT 050-EM, DNER-EM 037 e DNER-EM 038, que estabelecem os critérios para recebimento de cimento e agregados.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Materiais

5.1.1. Cimento Portland

O cimento Portland a ser empregado pode ser do tipo Portland composto, de alto-forno, pozolânico, ou de alta resistência inicial, desde que atenda as exigências da DNIT 050 - EM.

5.1.2. Agregados

Os agregados graúdos e miúdos deverão atender às exigências da norma NBR 7211, DNER-EM 037 e DNER-EM 038.

Especial atenção deverá ser dada aos finos nos agregados (material passando na peneira 0,075 mm), cujo teor deverá estar dentro dos limites estabelecidos na granulometria da mistura de agregados indicada na alínea (d) do item 5.1.5. Para tanto será conveniente neste concreto o emprego de areia artificial (pó-de-pedra).

5.1.3. Água

A água destinada ao amassamento do concreto deve atender às exigências da norma DNER-EM 034, segundo métodos de ensaios da ABNT NBR 15900.

5.1.4. Material para a cura do concreto

A cura de todo trecho, logo após a sua execução, deve ser realizada com pintura asfáltica por imprimação, protegendo o concreto, contra perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias, utilizando-se emulsão asfáltica tipo RR-2C, catiônica, conforme a norma DNIT 165 – EM.

Devem ser realizados os seguintes ensaios:

- a) Para todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra:
 - Um ensaio de determinação do resíduo asfáltico por evaporação (NBR 6568);
 - Um ensaio de peneiramento (NBR 14393);
 - Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol a 50°C. (NBR 14491);
 - Um ensaio da carga da partícula (DNIT 156-ME);
- b) Para cada 100 t de carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra:
 - Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol (NBR 14950) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura.
 - Um ensaio de sedimentação (NBR 6570).

5.1.5. Concreto

O CCR concreto deve ser dosado em laboratório, com os materiais disponíveis para obra, determinando-se a umidade ótima que permita obter a massa específica aparente seca máxima

para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da sub-base e a resistência à compressão exigida nesta especificação.

O teor de umidade deve ser determinado conforme a norma DNER-ME 196, admitindo-se desvio máximo de 1% em relação à umidade ótima determinada em laboratório.

Deverá atender aos seguintes requisitos:

- a) A granulometria da mistura de agregados deverá atender à seguinte faixa:

$$y = \left(\frac{d}{D_{\max}} \right)^{1/3} \times 100$$

Onde:

y = porcentagem que passa na peneira de abertura 'd'.

d = abertura da peneira (mm)

D_{max} = tamanho máximo característico do agregado no concreto (mm)

Para o agregado de dimensão máxima característica de 32 mm, a faixa granulométrica da mistura deve ser conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Faixa granulométrica da mistura

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa (%)
38	100
32	100 - 95
25	92 - 82
19	84 - 74
12,5	74 - 64
9,5	68 - 58
6,3	60 - 50
4,8	55 - 45
2,4	45 - 35
1,2	37 - 27
0,6	30 - 20
0,3	25 - 15
0,15	21 - 11
0,075	18 - 8

Na dosagem racional do CCR também devem ser considerados os requisitos apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Requisitos para a Dosagem do CCR

Características	Método de Ensaio	Valores Recomendados
Consumo de cimento	-	80 a 120 kg/m ³ Pode-se admitir valores > 120kg/m ³ , mediante a apresentação de estudo de dosagem experimental.
Agregado	-	Dimensão máxima característica < 1/3 da espessura da base ou sub-base ou 32 mm, obedecido o menor valor;
Resistência característica à compressão	NBR 5739	fc7 dias ≥ 5,0 MPa
		fck ≥ a definida em projeto
Resistência característica à tração na flexão	NBR 12142	fctM'k ≥ a definida em projeto
Módulos de elasticidade e de deformação	NBR 8522	E ≥ a definida em projeto

5.2. Equipamentos

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela supervisão.

Para execução do concreto compactado com rolo (CCR) são indicados os seguintes equipamentos:

- a) Central de mistura para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que poderá ser contínua ou intermitente;
- b) Rolos compressores autopropelidos do tipo liso vibratório;
- c) Placa vibratória ou sapo mecânico;
- d) Caminhão-basculante;
- e) Pequenas ferramentas como pás, enxadas e réguas;
- f) Martelete pneumático para eventual execução de juntas de construção;
- g) Vibroacabadora, com recurso eletrônico para nivelamento da camada;
- h) Caminhão pipa com barra espargidor (água);
- i) Caminhão tanque com barra espargidor (material para cura)

5.3. Execução

5.3.1. Plano da qualidade

Para perfeita execução e bom acompanhamento/supervisão dos serviços deve ser definido, antes de iniciados os trabalhos, no plano da qualidade (ver norma DNIT 011-PRO), os procedimentos a serem obedecidos pela executante, relativos à execução prévia e obrigatória de trecho experimental.

O trecho experimental deve integrar o projeto de engenharia e sua execução deve ser acompanhada pelos responsáveis pela obra e elaboração do projeto.

No trecho experimental devem ser definidos todos os procedimentos referentes à construção da camada de CCR, visando atender todas as especificações contidas nesta especificação e no projeto, desde a mistura do CCR até seu acabamento e cura, passando, portanto, por seu transporte, lançamento, espalhamento, compactação e controle dos insumos, da execução e do produto.

5.3.2. Subleito

O subleito deve ser regularizado segundo os procedimentos da norma DNIT 137-ES e, se necessário, reforçado como indicado na norma DNIT 138-ES.

Concluída a operação de preparo do subleito, este deve ser testado por meio de provas de carga para determinação do coeficiente de recalque (k), conforme a norma DNIT 055-ME, feitas aleatoriamente nas bordas e no eixo do futuro pavimento de concreto, no mínimo a cada 100 m ou, nos casos de solos homogêneos, a cada 200 m, e nos pontos onde for julgado necessário.

Pode ser admitido que o controle do coeficiente de recalque seja feito por meio de execução de ensaios de Índices de Suporte Califórnia (ISC), em número estatisticamente significativo, a partir dos quais deve ser avaliado o coeficiente de recalque (k) por meio de curvas de correlação apropriadas.

5.3.3. Largura da base ou sub-base

A base ou sub-base deve exceder 40 cm de cada lado, no mínimo, a largura do pavimento de concreto, devendo a sua superfície ser regular e nivelada segundo a especificação do projeto.

5.3.4. Mistura

O CCR poderá ser produzido em betoneiras estacionárias ou em centrais dosadoras e misturadoras, nesse caso deverá atender a NBR 7212, sendo os materiais medidos em massa.

A capacidade e o tipo de equipamento de produção de concreto serão determinados em função do volume de concreto da obra e das disponibilidades de máquinas e mão de obra.

Os agregados empregados no concreto, normalmente possuem três graduações de dimensões máximas distintas, e deverão ser estocados convenientemente, de modo que cada uma ocupe uma caixa ou baia da usina, não sendo permitida mistura prévia dos materiais, sendo também protegidos da chuva. Quando estabelecida a dosagem, cada uma das frações deverá apresentar homogeneidade granulométrica. A umidade dos agregados, principalmente, o agregado miúdo, deverá ser medida a cada 2 horas.

As frações serão combinadas enquadrando a mistura final na faixa granulométrica determinada, no estudo de traço do concreto e estabelecida subseção 5.1.5, alínea “d”. A umidade dos agregados, principalmente a do agregado miúdo, deve ser medida, no máximo, a cada 2 horas.

5.3.5. Transporte e lançamento

O transporte da central até o lançamento deverá ser feito, dentro do menor tempo possível, se limitando a 90 min em caso de caminhões betoneiras, por meio de equipamentos tais como, caminhões-betoneira, esteiras rolantes, caminhões basculantes, “dumpers” ou outros meios propostos pela empreiteira desde que previamente aprovados e que não provoquem a segregação do concreto, ou perda de umidade ou materiais.

Os materiais misturados deverão ser protegidos por lonas, em caso de caminhões basculantes, para evitar perda de umidade durante o transporte ao local de espalhamento.

O lançamento do CCR deve ser efetuado diretamente na caçamba receptora da vibroacabadora, pelo caminhão basculante, sendo a velocidade de descarga compatível com a de operação do equipamento vibroacabador, se limitando sempre o depósito do material a uma pilha $\leq 1,0$ m de altura, a fim de evitar segregação.

5.3.6. Espalhamento do concreto

O espalhamento do concreto deve ser feito por meio da vibroacabadora de asfalto, para se obter adequado nivelamento e acabamento superficial da camada.

Não é permitido o espalhamento do material com motoniveladora ou outro equipamento não apropriado.

A base ou sub-base de CCR deve exceder 40 cm de cada lado, no mínimo, a largura do pavimento de concreto, devendo a sua superfície ser regular e nivelada de acordo com a especificação do projeto. A espessura da camada antes da compactação deve ser tal que, após a sua compactação, seja atingida a espessura definida no projeto para a sub-base, podendo exceder, no máximo, 25% da espessura de projeto.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície da camada subjacente deve ser umedecida, sem excesso de água, para que não se formem poças.

A largura de cada “pano” de concretagem não deve permitir que eventuais juntas longitudinais de construção fiquem situadas sob as futuras trilhas de rodas de tráfego do pavimento de concreto.

O mesmo procedimento deve ser adotado nas juntas transversais de construção, que não devem coincidir com bueiros, drenos ou outras interferências que enfraqueçam a seção.

5.3.7. Compactação

A compactação deve ser feita por meio de rolos lisos vibratórios, utilizadas placas vibratórias na compactação somente em locais de difícil acesso aos rolos.

O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação deve ser, no máximo, de duas horas, devendo a compactação iniciar em um prazo inferior a 10 minutos após o seu espalhamento, podendo esse prazo ser alterado desde que previamente acordado e não havendo prejuízo para a qualidade final.

A compactação deve ser iniciada nas bordas do pavimento, devendo as passagens seguintes do rolo recobrirem, pelo menos, 25% da largura da faixa anteriormente compactada, sendo as duas primeiras passadas sem vibração, para acomodar o material. As passadas seguintes devem ser feitas com vibração, num número tal de passadas que garanta o grau de compactação especificado nesta norma.

Após a operação dos rolos lisos, caso se julgue necessário, poderão ser utilizados rolos pneumáticos para fechamento da superfície.

A espessura da camada compactada não deve ser inferior a 3 vezes a dimensão máxima do agregado no concreto, podendo ser admitida a espessura de até 20 cm, desde que os ensaios de

determinação da massa específica demonstrem a homogeneidade do material em toda a espessura da camada.

O desvio máximo da umidade em relação à umidade ótima deve ser de um ponto percentual e o grau de compactação deve ser igual ou maior que 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório, considerada a energia normal de compactação, segundo a norma DNER-ME 092.

Agregado que tenha rolado para a superfície da camada já compactada deve ser removido manualmente e descartado.

5.3.8. Cura do concreto

A superfície do CCR deve ser protegida imediatamente após o término da compactação, contra evaporação de água por meio de uma pintura asfáltica (ver item 5.1.4). A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua, aplicada com caminhão segundo taxa especificada em projeto, ou na falta da informação, adota-se à razão entre 0,8 l/m² a 1,5 l/m².

Caso não seja executada a pintura de cura logo após a rolagem, ou quando houver mais de uma camada de concreto e ocorrer a defasagem da segunda camada, a superfície deve ser mantida constantemente úmida, sendo vetado o trânsito de veículo espargidor

Deve ser interditado o tráfego de qualquer espécie, inclusive de equipamentos, até que a sub-base tenha resistência mecânica suficiente para resistir às solicitações atuantes, definidas em projeto, não sendo liberado, em qualquer hipótese, antes de decorridas 72 horas do término da execução.

5.3.9. Execução das juntas de construção

Ao término de cada jornada de trabalho será executada uma junta transversal de construção, em local já compactado, com face vertical, por meio de corte no concreto recém compactado. As juntas transversais não devem coincidir com drenos ou outros elementos que enfraqueçam a seção.

As juntas longitudinais devem ser evitadas; para tanto, deve-se executar simultaneamente as faixas longitudinais previstas em projeto, completando a totalidade da largura da plataforma composta por faixas contíguas.

Em casos excepcionais e com aprovação da supervisão, quando necessárias, as juntas longitudinais podem ser executadas por meio de corte no concreto recém compactado. Em todos os casos, a junta longitudinal não deve situar-se abaixo das trilhas de rodagem do tráfego.

Na ocasião do reinício dos serviços, as faces das juntas de construção (transversais ou eventualmente longitudinais) devem ser umedecidas antes da construção das camadas adjacentes.

6. INSPEÇÃO

6.1. Controle dos insumos

Os materiais utilizados devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos ensaios/controles relacionados nas seções 4 e 5 desta norma.

6.2. Controle da produção e execução

Para o controle de execução da camada, deverão ser realizados no concreto os ensaios relacionados nos itens 6.2.1 ao 6.2.6.

6.2.1. Recebimento do concreto

Registrar todo concreto recebido na obra, conferindo os parâmetros da dosagem com a carta de traço apresentada e/ou o código de identificação do traço, identificando a placa de cada caminhão, o volume da mistura, e os horários de adição de água, saída da usina, lançamento do concreto, início e fim da compactação.

6.2.2. Teor de umidade do concreto fresco

O teor de umidade deve ser determinado, imediatamente antes da compactação, segundo a norma DNER-ME 196, cada vez que:

- a) forem moldados corpos de prova, para ensaio de resistência à compressão, a cada 2500 m²;
- b) no início da obra, deve ser verificado a cada 2 (dois) caminhões, no máximo, antes do lançamento à frente da vibroacabadora, até a constância dos resultados (ver subitem 5.1.5);
- c) a cada 4 (quatro) caminhões, no máximo, após observado a constância dos resultados;

Se a umidade estiver compreendida entre $\pm 1\%$ da umidade ótima de compactação, o material pode ser liberado para a aplicação.

6.2.3. Granulometria da mistura de agregados

Deverá ser realizada em cada 2500 m² de sub-base, com no mínimo uma determinação por dia, de acordo com a norma DNER-ME 083.

A variação granulométrica admitida, sem adição de cimento, é a definida pela tolerância da abertura das peneiras, conforme especificada abaixo:

- peneiras 1 ½" a 3/8", tolerância de $\pm 7\%$;
- peneiras nº 4 a nº 40, tolerância de $\pm 5\%$;
- peneira nº 80, tolerância $\pm 3\%$;
- peneira nº 200, tolerância $\pm 2\%$.

6.2.4. Resistência à compressão axial e tração na flexão

A cada trecho de 2500m² de sub-base deverão ser coletados, de amassadas diferentes e aleatórias, no mínimo 6 (seis) amostras de concreto, para a moldagem de exemplares de corpos-de-prova cilíndricos e prismático, para cada ensaio a ser realizado, que irão representar o lote.

Cada exemplar será constituído, por dois corpos-de-prova, de uma mesma amassada, considerando-se como resistência do exemplar aquela de maior valor.

Os corpos de prova cilíndricos, devem ter 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, moldados em cinco camadas de alturas aproximadamente iguais, compactadas com soquete de 4,5 kg, com altura de queda de 45 cm, recebendo cada camada 30 golpes.

Logo após a moldagem, os corpos de prova devem ser cobertos com pano molhado, por um período mínimo de 24 horas; em seguida devem ser desmoldados e levados para a cura em câmara úmida ou imersão, de acordo com a norma DNER-ME 046, até a idade do ensaio à compressão, de acordo com a norma NBR 5739.

Os corpos de prova prismáticos, com dimensões de 15 x 15 x 50 cm, devem ser moldados em duas camadas de alturas aproximadamente iguais, compactadas com soquete de 4,5 kg, com altura de queda de 45 cm, recebendo cada camada 159 golpes.

Recomenda-se o uso de colarinho, na compactação da última camada dos corpos de prova, a fim de evitar perda do material durante o processo de compactação.

6.2.5. Módulo de elasticidade e de deformação

No início da obra, ou na alteração da dosagem, deverão ser coletadas, de amassadas diferentes e aleatórias, amostras de concreto, conforme definido em plano de controle de qualidade, para a moldagem de exemplares de corpos-de-prova cilíndricos, conforme item 6.2.4, para aferição do módulo de elasticidade, segundo o especificado em projeto.

Cada exemplar deverá ser constituído de 3 corpos de prova, ensaiados conforme a NBR 8522.

6.2.6. Grau de compactação

A cada trecho de 2500 m² de sub-base devem ser executados, no mínimo, 6 ensaios para a medida do grau de compactação.

Tendo como referência cada faixa de tráfego separadamente, os furos devem obedecer à seguinte sequência: borda direita / eixo / borda esquerda da faixa, sendo os ensaios realizados a uma distância mínima de um metro das bordas externas da camada da sub-base.

O grau de compactação é expresso pela relação entre a massa específica in situ do material compactado, determinada pelo método do frasco de areia segundo a norma ABNT NBR 7185, e a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório.

6.3. Aceitação e rejeição

6.3.1. Controle geométrico

O controle geométrico da camada de sub-base de concreto compactado com rolo deve ser feito por meio de medidas topográficas altimétricas e planialtimétricas por nivelamento do eixo e bordas, em seções transversais definidas de 10 em 10 metros, com pontos de medição em cada seção distantes entre si, no máximo, de 3 metros no sentido da largura da plataforma, de modo que cada seção seja definida por, no mínimo, cinco pontos.

a) Controle da largura da camada

Após a execução da sub-base deve-se proceder à relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas do pavimento, não se permitindo largura da camada de sub-base de concreto compactado com rolo, em qualquer seção, menor do que a especificada em projeto.

b) Controle da espessura da camada

A espessura média é determinada por:

$$h_m = \sum \frac{h_i}{N}$$

Onde:

h_m = espessura média

h_i = espessuras individuais

N = número de verificações, no mínimo igual a 6.

Definindo-se lotes de inspeção a cada 2500 m², a verificação da espessura da sub-base pode ser feita através das medidas dos próprios furos feitos para o controle de compactação.

A espessura média h_m não deve ser menor que a espessura de projeto h menos um centímetro, e os valores individuais h_i não podem apresentar desvios superiores a um centímetro em relação à espessura de projeto.

c) Controle da cota final da camada

Uma vez procedidos a relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas do pavimento, devem ser medidas, em cada seção e em cada ponto dela, as diferenças para mais ou para menos, admitindo-se uma tolerância máxima igual a 10 mm em relação às cotas finais definidas em projeto.

6.3.2. Resistência do concreto

6.3.2.1. Determinação da resistência característica estimada

a) Compressão Axial

A resistência característica estimada do concreto à compressão axial, de cada trecho inspecionado, será dada por:

$$fc7, est = fc7 - K_s$$

E

$$fck, est = fck - K_s$$

Sendo:

$fc7, est$ = valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial aos 7 dias;

f_{c7} = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 7 dias

$f_{ck, est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial

f_{ck} = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 28 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

K = coeficiente da amostragem variável, apresentado na Tabela 2;

n = quantidade de amostras do trecho.

O valor do coeficiente de distribuição de Student, k , é função da quantidade de exemplares do lote, sendo obtido na Tabela 2.

Tabela 2 - Amostragem Variável

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,92	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

b) Tração na flexão

A resistência característica estimada à tração na flexão deve ser determinada na idade definida em projeto, em cada trecho, segundo:

$$f_{ctM, est} = f_{ctM, j} - Ks$$

Sendo:

$f_{ctM, est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à tração na flexão;

$f_{ctM, j}$ = resistência média do concreto à tração na flexão, na idade de j dias;

s = desvio padrão dos resultados individuais da amostra;

K = coeficiente da amostragem variável, apresentado na Tabela 2;

n = quantidade de amostras do lote.

6.3.2.2. Condição para aceitação

O trecho de base ou sub-base deve ser aceito quando:

$$f_{c7, est} \geq 5,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, est} \geq \text{a definida em projeto}$$

$$f_{ctM, est} \geq \text{a definida em projeto}$$

6.3.2.3. Verificações suplementares

Quando não for atendida a condição prescrita na subseção 6.3.2.2 devem ser extraídos do trecho, conforme indicação da supervisão, no mínimo 6 corpos de prova conforme a norma NBR 7680, e ensaiados à compressão, conforme a norma NBR 5739, determinando-se a resistência característica estimada conforme o item 6.3.2.1 desta especificação. Caso se confirme a rejeição, de acordo com a supervisão, a parte rejeitada deve ser demolida e reconstruída.

6.3.3. Grau de compactação

6.3.3.1. Determinação do grau de compactação característico

O valor característico estimado do grau de compactação da sub-base, no trecho inspecionado, será dado por:

$$GC_{est} = GC - ks$$

Sendo:

GC_{est} = valor estimado do grau de compactação

GC = grau de compactação médio

s = desvio padrão dos resultados

n = número de determinações no trecho inspecionado

k = coeficiente da amostragem variável, determinado em função do número de determinações no trecho inspecionado, conforme a Tabela 2

6.3.3.2. Condição para aceitação

O valor característico estimado do grau de compactação deve ser controlado adotando-se o seguinte:

$GC_{est} \geq 100\% \rightarrow$ aceita-se o serviço

$GC_{est} < 100\% \rightarrow$ rejeita-se o serviço (o serviço rejeitado deve ser refeito, de forma a se enquadrar nas especificações desta norma).

6.3.4. Espessura

Quando não forem atendidas as prescrições contidas na alínea “b” da subseção 6.3.1 desta especificação, o lote deve ser subdividido em sublotes de, no máximo, 500 m² e o trecho novamente inspecionado.

Caso se confirme a rejeição, de acordo com a supervisão, a parte condenada deve ser demolida e reconstruída.

6.3.5. Controle da irregularidade longitudinal

O equipamento indicado para a determinação da irregularidade longitudinal deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade do tipo resposta (DNER-PRO 182 e DNER-PRO 164). Nesse caso, o quociente de irregularidade (QI ou IRI) deve apresentar valor inferior ou igual ao especificado em projeto. Outro dispositivo equivalente para esta finalidade poderá ser empregado, desde que previamente aprovado pela supervisão.

7. MANEJO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução do pavimento de concreto são:

7.1. Na exploração das ocorrências de materiais

No caso de material pétreo (agregados graúdos), deverão ser tomados os seguintes cuidados na exploração das ocorrências desses materiais:

- a) O material somente será aceito após a Executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da Obra;
- b) Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- d) Não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- e) As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da especificação DNER- ES 279;

- f) Deverão ser construídas, junto as instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó-de-pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando seu carregamento para cursos d'água;
- g) Caso seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;
- h) Caso o licitante opte pela implantação de pedreiras ou areais (indicados ou não em projeto) será de sua responsabilidade e custos a obtenção do licenciamento ambiental junto aos órgãos competentes. Neste caso deverão ser mantidas as características técnicas especificadas em projeto para estes agregados e não serão admitidos investimentos financeiros aos custos licitados.

7.2. Na execução

Os cuidados para a preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora dos caminhos de serviço para evitar danos ao meio ambiente.

As áreas de estacionamento e dos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas, de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não causem danos ao meio ambiente.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.1 Concreto				
Granulometria da mistura dos agregados, sem adição de cimento.	DNER-ME 083.	A cada trecho de 2500 m ² , ou a definida pela supervisão (desde que mais rigoroso).	Resultados individuais	Dentro das tolerâncias admitidas conforme item 6.2.5
Teor de umidade do concreto fresco	DNER-ME 196	No início da obra o teor de umidade deve ser verificado a cada 2 caminhões, no máximo, antes do lançamento à frente da vibroacabadora de asfalto, até a constância dos resultados (ver subitem 5.1.5). A partir daí, o teor de umidade pode ser medido a cada 4 (quatro) caminhões, no máximo.	Resultados individuais	Admitindo-se desvio máximo de 1% em relação à umidade ótima determinada em laboratório
Resistência à compressão axial na idade de controle fixada no projeto.	NBR 5739	A cada trecho de 2500 m ² , ou a definida pela supervisão (desde que mais rigoroso).	Conforme item 6.3.2.1	$f_{c7,est} \geq 5,0 \text{ MPa}$ $f_{ck,est} \geq \text{a fixada no projeto.}$
Resistência à tração na flexão na idade de controle fixada no projeto.	NBR 12142	A cada trecho de 2500 m ² , ou a definida pela supervisão (desde que mais rigoroso).	Conforme item 6.3.2.1	$f_{ckM,est} \geq \text{a fixada no projeto.}$
Módulo de Elasticidade	NBR 8522	No início do serviço, ou nas alterações da dosagem, conforme plano de controle de qualidade.	Conforme item 6.2.5	$E \geq \text{a fixada no projeto.}$
Determinação do grau de compactação	DNIT -ES- 56	A cada trecho de 2500 m ² devem ser executados, no mínimo, 6 (seis) ensaios	Conforme item 6.3.3.1	$G_{Cest} \geq 100\%$
1.2 Material para a cura				
Ensaio de determinação do resíduo asfáltico por evaporação	NBR 14376	Todo lote que chegar	Resultados individuais	Atender o especificado na norma NBR 14376
Ensaio de peneiramento	NBR 14393	Todo lote que chegar	Resultados individuais	Atender o especificado na norma NBR 14393
Ensaio de viscosidade Saybolt Furol a 50°C	NBR 14491	Todo lote que chegar	Resultados individuais	Atender o especificado na norma NBR 14491
Ensaio da carga da partícula	DNIT 165 - ME	Todo lote que chegar	Resultados individuais	Atender o especificado na norma DNIT 156 - ME

Ensaio de viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura.	NBR 14950	A cada 100 t de carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra	Resultados individuais	Atender o especificado na norma NBR 14950
Ensaio de sedimentação	NBR 6570	Para cada 100 t de carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra	Resultados individuais	Atender o especificado na norma NBR 6570
2. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Largura	Medidas planaltimétricas	De acordo item 6.3.1	Resultados individuais	Não permitido largura da camada menor do que a especificada em projeto.
Espessura	Medidas altimétricas	De acordo item 6.3.1 - lotes de inspeção a cada 2500 m ²	Média aritmética	A espessura média do lote não deve ser menor que a espessura de projeto menos um centímetro, e os valores individuais não podem apresentar desvios superiores a um centímetro em relação à espessura de projeto
Cota final da camada	Medidas Topográficas	De acordo item 6.3.1	Resultados individuais	No máximo ± 10 mm das previstas em projeto

As amostragens devem ser realizadas em pontos representativos e definidos pela fiscalização.

Especificação Particular

ARTERIS ES 104 – LIMPEZA DO TERRENO E DESTOCAMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução, aceitação e medição dos serviços de limpeza, destocamento do terreno, carga e remoção do material, para implantação do corpo estradal e exploração das áreas de empréstimos de materiais em obras de implantação nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- - DERSA - DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. ET-Q0/001. Especificação de Desmatamento, Destocamento e Limpeza. São Paulo, 1985.
- - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER ES 278. Terraplenagem – serviços preliminares. Rio de Janeiro, 1997.

3. DEFINIÇÃO

Os serviços limpeza do terreno consistem em todas as operações de desmatamento, destocamento, retiradas de restos de raízes envoltos em solo, solos orgânicos, entulhos e outros materiais impeditivos à implantação do empreendimento ou exploração de materiais das áreas de empréstimo.

Entende-se por:

- a) Limpeza sem destocamento: operação de remoção total de material vegetal e da camada de solo orgânico;
- b) desmatamento: operações de corte e remoção de toda vegetação de qualquer densidade e porte e posterior limpeza das áreas destinadas à implantação da plataforma a ser construída;

- c) limpeza com destocamento: operação de escavação e remoção dos tocos e raízes e da camada de solo vegetal;
- d) solos orgânicos: solos com elevado percentual de matéria orgânica, geralmente existente superficialmente como proteção do corpo estradal e das áreas de empréstimo;
- e) áreas de empréstimo: áreas definidas em projeto para exploração de materiais que são utilizados na implantação da rodovia;
- f) Off sets: Linhas de estacas demarcadoras da área de execução dos serviços
- g) cota vermelha: Denominação usualmente adotada para as alturas de corte e aterro.

4. CONDIÇÕES GERAIS

Os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza devem preservar os elementos de composição paisagística, assinalados no projeto. Nenhum movimento de terra deve ter início enquanto as operações de desmatamento, destocamento, e limpeza não tenham sido totalmente concluídas.

Os materiais provenientes dos serviços de limpeza e destocamento, executados dentro da faixa de domínio, são de propriedade da Arteris, desde que não haja disposição em contrário.

É de responsabilidade da empresa contratada a manutenção e preservação dos marcos poligonais, de RRNN e de amarrações implantados até o recebimento provisório do objeto do contrato.

5. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris.

O equipamento básico para a execução das operações de desmatamento, destocamento e limpeza compreende as seguintes unidades:

- a) serras mecânicas portáteis;
- b) tratores de esteira com lâmina frontal;
- c) tratores de pneus com lâmina frontal;

- d) guinchos;
- e) escarificadores;
- f) pequenas ferramentas, enxadas, pás picaretas etc.;
- g) caminhões basculantes;
- h) pá carregadeira.

Os equipamentos devem ser selecionados de acordo com o tipo e densidade da vegetação a ser removida e complementada com emprego de serviços manuais.

6. EXECUÇÃO

As áreas de abrangência dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza são as seguintes:

- a) áreas compreendidas pelos Offsets de corte e aterro, acrescida de 3 m de cada lado;
- b) áreas de empréstimo indicadas no projeto, acrescidas das áreas necessárias às suas devidas explorações, tais como acessos e eventuais áreas de estocagem;
- c) outros locais definidos pelo projeto ou pela fiscalização.

Antes do início das operações de desmatamento é necessário observar os fatores condicionantes de manejo ambiental de modo que as operações de desmatamento não atinjam os elementos de proteção ambiental.

A fiscalização deve assinalar, mediante caiação, as árvores que devem ser preservadas, e as toras que pretende reservar para posterior aproveitamento. As toras, destinadas para posterior aproveitamento, devem ser transportadas para locais indicados.

A limpeza deve ser sempre iniciada pelo corte de árvores e arbustos de maior porte, tomando-se os cuidados necessários para evitar danos às cercas, árvores ou construções nas vizinhanças.

Para derrubada e destocamento em áreas que houver risco de dano a outras árvores, linhas físicas aéreas, cercas, ou construções existentes nas imediações, as árvores devem ser amarradas e, se necessário, cortadas em pedaços a partir do topo.

Nas áreas de corte, as operações de desmatamento, destocamento e limpeza somente são consideradas concluídas, quando as raízes remanescentes ficarem situadas na profundidade de 1 m abaixo do greide de terraplenagem.

Nas áreas de implantação de aterros, a camada superficial contendo matéria orgânica, deve ser removida na espessura total, a menos que haja indicação em contrário do projeto ou da fiscalização. Para qualquer altura de aterro, as raízes remanescentes devem ficar pelo menos à 2 m abaixo do greide da plataforma de terraplenagem. Os buracos ou depressões ocasionadas por destocamento devem ser preenchidos com material de áreas de empréstimo, devidamente compactados.

Nas áreas de empréstimo as operações de limpeza devem ser executadas até a profundidade que assegure a não contaminação do material a ser utilizado por materiais indesejáveis.

Os solos da camada superficial fértil, que forem removidos nas operações de limpeza, devem ser estocados e utilizados posteriormente na recomposição das áreas de exploração de materiais.

Os serviços devem estar defasados em relação a terraplenagem, de modo a reduzir o desenvolvimento de vegetação e de processos erosivos.

Os materiais de desmatamento, que não serão utilizados posteriormente devem ser depositados em locais indicados pelo projeto ou pela fiscalização da Arteris. Os serviços de limpeza podem ser dispensados em terrenos de solos moles, se indicado em projeto.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser verificadas visualmente, e são aceitas se atenderem às exigências preconizadas nesta especificação e forem consideradas satisfatórias pela fiscalização da Arteris.

Especificação Particular

ARTERIS ES 105 – ATERRO SOBRE SOLOS COMPRESSÍVEIS

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução e aceitação de aterro sobre solos compressíveis obra de terraplanagem nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- - ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos
- AASHTO T-27.
- - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49. Agregado miúdo – Determinação de impureza orgânica. Rio de Janeiro, 2001.
- - NBR 7181. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- - NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

3. DEFINIÇÃO

A presente especificação refere-se à construção de aterros sobre locais onde o terreno natural é constituído por solos compressíveis, altamente deformáveis, que apresentam recalques excessivos ou ruptura da base quando carregados.

Os solos compressíveis possuem baixa resistência ao cisalhamento, normalmente associada à baixa resistência à penetração estática ($SPT < 2$ golpes/30 cm). Geralmente, são constituídos por argilas orgânicas e solos turfosos, comumente saturados.

4. MATERIAIS

Os materiais que devem ser utilizados na fundação dos aterros sobre solos compressíveis, devem ser indicados em projeto, em função das condições de suporte e drenagem da área.

Podem ser empregados os seguintes tipos:

- - areia isenta de matéria orgânica, torrões de argila ou outros materiais prejudiciais;
- - pedra britada (n.º3 e n.º4);
- - pedra detonada;
- - pedra rachão;
- - geotêxtil.

Os materiais de preenchimento devem ser lançados ou compactados, de maneira que atendam às condições de compacidade e consistência exigidas em projeto.

5. EQUIPAMENTOS

O conjunto de equipamentos necessários à execução dos serviços é:

- a) trator de esteira leve, com peso total máximo ≤ 8 tf;
- b) retroescavadeira com comando hidráulico;
- c) caminhões basculantes.

6. EXECUÇÃO

6.1. Considerações Gerais

Sempre que a camada inferior do aterro se assentar em terreno alagado, toda área de fundação do aterro, quando possível, deve ser previamente drenada antes do início da execução da fundação.

Nos casos em que o bombeamento esteja previsto em projeto ou indicado pela fiscalização da Arteris, nenhuma camada da fundação de aterro pode ser lançada antes da conclusão do esgotamento.

Quando não houver a possibilidade de execução da drenagem, deve ser construída previamente uma camada do aterro, com material inerte, cuja superfície fique acima do nível d'água, de maneira que a camada inicial do aterro sobrejacente possa ser compactada. A altura do material inerte não deve ser inferior a 1 m em relação ao nível d'água.

Outra solução que pode ser adotada quando não houver a possibilidade de drenagem prévia, é a execução de aterro sobre estiva lançada ou estiva natural. Neste caso, ou seja, quando o aterro for lançado sobre estiva natural, a área não deve ser limpa.

As primeiras camadas de fundação de aterro, a critério da fiscalização da Arteris ou indicado em projeto, devem ser lançadas em ponta de aterro, utilizando trator de esteira leve, com peso total ≤ 8 tf.

Antes do lançamento do material inerte a área deve ser limpa. O processo de limpeza e o material a ser utilizado na fundação devem ser fixados em projeto ou pela fiscalização da Arteris, em função das características de cada fundação e da disponibilidade dos materiais existentes no local.

Após a construção das camadas compactadas acima descritas, o material de fundação deve ser compactado conforme a Arteris ES108 – Aterro.

Em zonas em que a lâmina d'água for excessivamente espessa, de modo que impossibilite o lançamento de material inerte e, sempre que indicado em projeto deve ser executado diques de vedação, para isolar a fundação de aterro e reduzir o volume de água a ser drenado.

6.2. Execução

Os aterros sobre solos compressíveis devem ser executados geralmente por três processos:

- a) lançamento do aterro após a remoção do solo compressível;
- b) lançamento de aterro com adensamento normal;
- c) lançamento de aterro com adensamento acelerado.

6.2.1. Lançamento de aterro após a remoção do solo compressível

Nos casos em que haja viabilidade econômica para retirada total ou parcial dos solos compressíveis, a escavação do material deve ser executada de acordo com as determinações de projeto, isto é, na largura, profundidade e inclinações de taludes indicados em projeto.

A fundação do aterro deve ser constituída por uma ou mais camadas de material granular inerte, esta última camada deve possuir granulometria conveniente, que impeça a penetração de finos do aterro no material de fundação. A compactação do material de fundação deve ser executada conforme a Arteris ES108 – Aterro.

Quando a remoção dos solos compressíveis não puder ser executada em sua totalidade, ou seja, em etapa única, a substituição do material compressível deve ser executada em etapas, deixando septos ou executando aterros de pontas.

A substituição por etapas deve ser executada escavando-se uma faixa de solo compressível entre os septos, que deve ser aterrado com material de enchimento antes da escavação da etapa seguinte. O aterro de ponta deve ser executado forçando o material de substituição contra o solo compressível, provocando seu deslocamento.

Nos dois casos devem-se tomar os cuidados necessários para garantir que o material de enchimento não seja contaminado pelo material escavado, exceto na zona de contato dos materiais.

O material contaminado deve ser removido e substituído por um novo.

A execução do aterro é obrigatoriamente precedida da comprovação, pela fiscalização, do adensamento estabelecido em projeto. Então se pode prosseguir a execução do aterro, conforme a Arteris ES108 - Aterro.

6.2.2. Lançamento de aterro com adensamento normal

Neste caso, o solo compressível não deve ser removido completamente, o aterro é construído diretamente sobre o solo compressível.

Quando no local houver água deve-se efetuar a drenagem da área antes do início do lançamento do material inerte que irá constituir a fundação do aterro.

As camadas de material inerte devem ser executadas com equipamentos leves, tipo esteira, sendo proibido o acesso de equipamentos de pneus ou pesados até que a fundação atinja a estabilidade necessária.

Nos casos em que não haja possibilidade de lançamento de camadas de material, o projeto deve indicar solução alternativa que promova a separação física entre o solo compressível e o material de aterro. A exemplo do indicado no item 7.1 podem ser utilizadas estivas lançadas ou naturais.

Sempre que existirem riscos de ruptura da base do aterro, devem ser previstas bermas de equilíbrio, de maneira que a sua construção seja simultânea com a construção de aterros.

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização da Arteris, deve-se dar início da execução do corpo do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a Arteris ES108 - Aterro, sendo que a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

6.2.3. Lançamento de aterro com adensamento acelerado

Em situações que o solo compressível não for removido e seja necessário reduzir o tempo previsto para o aparecimento de recalques, devem ser adotados métodos construtivos que permitam reduzir o tempo previsto para a ocorrência de recalques.

Os métodos de aceleração do adensamento, geralmente, consistem em aplicação de sobrecarga na fundação, ou na execução de um conjunto de drenos verticais junto à fundação do aterro.

A presente especificação trata apenas da construção com sobrecarga.

A execução da sobrecarga deve ser executada de acordo com as indicações de projeto, quanto à largura, cota e prazos de construção. Se indicado em projeto a construção das bermas de equilíbrio, estas devem ser executadas simultaneamente à construção do aterro.

A remoção da sobrecarga, parcial ou total, somente deve ser iniciada após liberação da fiscalização da Arteris, a qual deve orientar-se pelas estimativas de projeto e pela instrumentação de campo, para verificar se a fundação atingiu o recalque previsto.

Quando a sobrecarga for incorporada ao aterro, sua execução também deve obedecer às orientações da Arteris ES108 – Aterro.

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização da Arteris, deve-se dar prosseguimento a execução do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a especificação de aterro e a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

7.1. Materiais:

Para cada 1.000 m³, do mesmo material inerte arenoso, proveniente de corte ou de jazida, utilizado na fundação, deve ser executado, no mínimo:

- a) a) um ensaio de impurezas orgânicas em areia, conforme NBR NM 49;
- b) b) um ensaio de granulometria, conforme NBR 7181.

Para cada 1.000 m³, do mesmo material inerte rochoso ou pedra britada, proveniente de jazida ou corte, utilizado na fundação, deve ser executado no mínimo:

- um ensaio de granulometria de agregados, conforme ARTERIS T 27.

O controle de compactação e do restante dos materiais do aterro deve ser feita conforme a especificação Arteris ES108 - Aterro.

7.2. Geométrico

O controle geométrico deve consistir na verificação topográfica das dimensões, cotas e inclinações das cavas e aterros, de forma a ser obtida a conformação da seção transversal de projeto. A largura da plataforma pode ser determinada por medidas de trena.

O acabamento quanto à declividade transversal e a inclinação dos taludes devem ser as indicadas em projeto. As verificações devem ser realizadas pela executante e pela fiscalização da Arteris

desde o início e até o término das operações, de modo a permitir as correções eventualmente necessárias.

7.3. Controle de recalques

O controle de recalques deve ser feito topograficamente, utilizando marcos superficiais ou placas de recalque.

As leituras de recalques devem ser feitas periodicamente, de acordo com o estipulado no projeto, durante e após o período construtivo, até que ocorra o adensamento previsto em projeto.

A espessura medida deve atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto ou } \bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21

K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras										k = coeficiente multiplicador								

8. ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, e de execução, estabelecidas nesta especificação, discriminadas a seguir:

8.1. Materiais

Os materiais da fundação de aterro são aceitos desde que atendam as seguintes condições:

- - as areias devem ser isentas de matéria orgânica e deve apresentar no máximo 15% do material passando na peneira n.º40;
- - a granulometria do material rochoso deve atender a especificada em projeto.

8.2. Geometria

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

8.3. Recalque

O recalque é aceito quando ocorrer à estabilização do adensamento previsto no projeto.

9. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
MATERIAIS	AREIAS	A cada 1000 m ² executados	< 15% passante na peneira N° 40	ABNT NBR 49
	GRANULOMETRIA DO SOLO (Coesivo)	A cada 1000 m ² executados	-	ABNT NBR 7181
	GRANULOMETRIA DO SOLO (Granular)	A cada 1000 m ² executados	Atender ao projeto de dosagem	ARTERIS T 27

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	CBR	Na dosagem ou material mudar	$\geq 2\%$	ARTERIS ES 108
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	< 4%	ARTERIS ES 108
TOPOGRAFIA PISTA	GRAU DE COMPACTAÇÃO	a cada 100 metros de pista	$\geq 100\%$ (Energia especificada)	ARTERIS ES 108
	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	$\bar{X} - ks > 95\%$ da espessura de projeto	Linha e trena / topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 106 – TERRAPLANAGEM – EXECUÇÃO DE CORTES

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução dos cortes e transporte dos materiais escavados para implantação de rodovia ou faixas e atividades afins.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 7181 Solos – Análise Granulométrica.
- ABNT NBR 7180 Solos – Limite de Plasticidade.
- ABNT NBR 6459 Solos – Limite de Liquidez.
- ARTERIS ME 037. Ensaio triaxial para determinação do módulo de resiliência de base e sub-bases de pavimentos.
- DNIT-ME 164 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.
- DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.

3. DEFINIÇÕES

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Cortes

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

Segmentos da rodovia em que a implantação requer escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções de projeto (“Off sets”) que definem o corpo estradal, o qual corresponde à faixa terraplanada.

3.2. Cortes a céu aberto

Escavação praticada na superfície do solo

3.3. Cortes a meia encosta

Escavação para passagem de uma rodovia que atinge parte de sua seção transversal.

3.4. Cortes em caixão

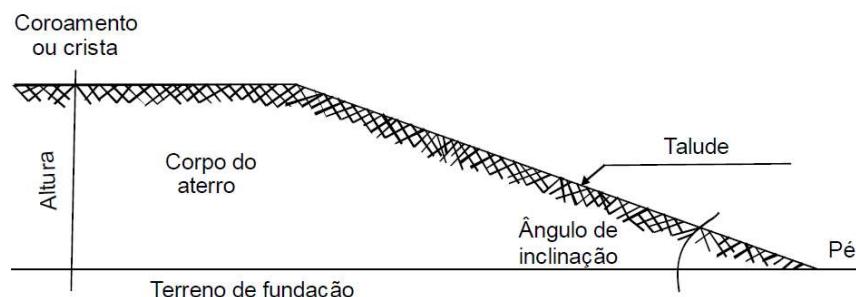
Escavação em que os taludes estão praticamente na vertical.

3.5. Plataforma da estrada

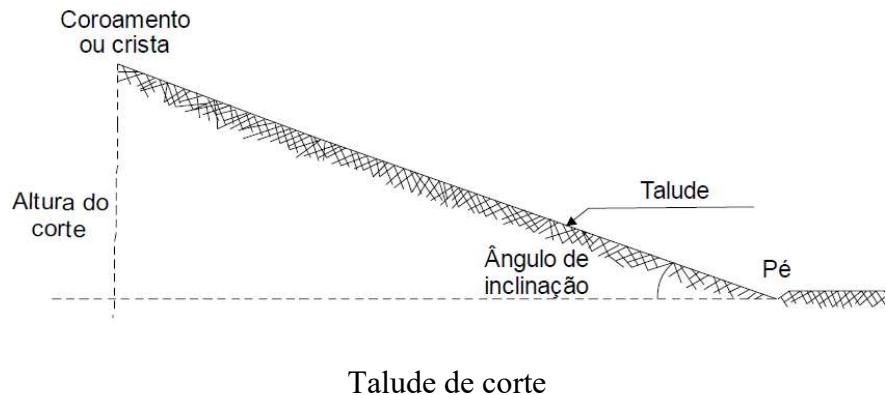
Superfície do terreno ou do terrapleno compreendida entre os dois pés dos cortes, no caso de seção em corte, compreendida entre crista a crista do aterro, no caso de seção em aterro, ou compreendida entre pé do corte a crista do aterro, no caso de seção mista. No caso dos cortes a plataforma compreende também a sarjeta.

3.6. Talude

Superfície inclinada do terreno natural de um corte ou de um aterro, conforme as figuras abaixo:



Talude de aterro



3.7. Talude escalonado

Talude alto com prática construtiva de bermas ou banquetas com vista à redução da velocidade das águas pluviais superficiais para facilitar a drenagem e aumentar a estabilidade do maciço.

3.8. Faixa terraplanada

Faixa correspondente à largura que vai da crista a crista do corte, no caso de seção plena em corte. Do pé do aterro ao pé do aterro, no caso de seção plena em aterro. E da crista do corte ao pé do aterro no caso de seção mista. É a área compreendida entre as linhas de “Off sets”.

3.9. Material de 1^a categoria

Solos em geral residuais, sedimentares seixos e ou outros facilmente escavados segundo as operações de escavação, com emprego de equipamentos com baixa potência de corte.

3.10. Material de 2^a categoria

Compreende os solos de resistência ao desmonte mecânico inferior a rocha mãe não alterada, cujo corte deve ser realizado conforme a combinação de processos de equipamentos de baixa potência a média potência a uso de baixa carga de explosivos. Incluem nessa categoria blocos de rocha em volume inferior a 2 m³, matações e entre outros.

3.11. Material de 3^a categoria

Materiais que oferecem resistência ao desmonte mecânico, similar a rocha mãe não alterada, cujo corte deve ser realizado conforme a combinação de processos de equipamentos de baixa potência a alta potência ao corte e emprego contínuo de explosivos.

3.12. Bota fora

Materiais de escavação dos cortes, que não será aproveitado em novos aterros, devido à sua má qualidade, ao seu volume excessivo, ou à excessiva distância de transporte, e que é depositado fora da plataforma da rodovia, de preferência nos limites de faixa de domínio, quando possível.

Local do bota-fora é o lugar estabelecido para depósito destes materiais inservíveis.

3.13. Corta-rio

Escavação destinada à alteração do percurso dos cursos d'água, com o objetivo de eliminá-los ou fazer com que se desenvolvam em local conveniente, de maneira a eliminar ou minimizar a sua interferência com a rodovia.

4. CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1. Segmentos em corte deve apresentar áreas devidamente desmatadas e destocadas e estando o respectivo entulho removido.
- 4.2. Em aterros, cuja execução deve ser implantada com a escavação do material dos cortes com mesmo material, devendo ser realizado o devido desmatamento e destocamento conforme ARTERIS ES 104.
- 4.3. Caixas de empréstimo que de forma conjugada com os cortes, serão utilizados na execução dos aterros e devem ser devidamente tratados conforme especificação ARTERIS ES 104.
- 4.4. As obras de arte correntes previstas em projeto para execução dos segmentos em aterros devem estar devidamente construídas e concluídas.
- 4.5. Os locais definidos em projeto para bota fora e ou praças para depósito provisório de materiais oriundos de corte, devem estar convenientemente preparados e aptos a receberem os respectivos materiais de deposição e as operações consequentes.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. MATERIAL

O processo de execução dos cortes compreende a escavação do terreno natural cuja constituição envolve formação de solos, de alteração de rocha, rocha ou associações destes.

A caracterização do terreno natural configurada através do perfil de sondagem geotécnica do subleito, se distribuirá, para o efeito de escavação nas três categorias, a saber: 1^a categoria, 2^a categoria e 3^a categoria.

6. EQUIPAMENTO

As escavações de corte devem ser executadas mediante a utilização racional de equipamento adequado, que possibilite a execução dos serviços sob condições específicas. Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris. O equipamento básico para a execução de cortes em geral em solos de 1^a, 2^a e 3^a categoria, compreende as seguintes unidades:

- a) Tratores de esteira equipados com lâminas;
- b) Escavadores conjugados com transportadores diversos;
- c) Caminhão basculante;
- d) Motoniveladoras pesadas equipadas com escarificador;
- e) Tratores empurradores (“pushers”);
- f) Perfuratrizes pneumáticas ou elétricas;
- g) Explosivos e detonadores;
- h) Retroescavadeiras e escavadeiras.

7. EXECUÇÃO

O início das operações deve ser precedido da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

Todas as escavações devem ser executadas nas larguras e com a inclinação dos taludes indicados no projeto.

A escavação dos cortes deve obedecer aos elementos técnicos fornecidos pelo projeto de terraplenagem. O desenvolvimento dos trabalhos deve otimizar a utilização adequada ou rejeição dos materiais extraídos.

Constatada a conveniência técnica e econômica de reserva de materiais escavados em cortes para execução de camadas superficiais da plataforma, é recomendável o depósito dos referidos materiais em locais indicados pela fiscalização para sua oportuna utilização.

Em situações em que o nível de água se situa acima da cota do greide de terraplenagem, os taludes apresentarão teor de umidade elevado, portanto é necessário que se execute a drenagem adequada, com a instalação de um sistema de drenos profundos ou drenos sub-horizontais. A quantidade, posicionamento, diâmetro e comprimentos destes drenos devem ser executados de acordo com o projeto.

Imediatamente após a conclusão da execução dos drenos, deve ser iniciada a execução do aterro de proteção de taludes de corte, utilizando-se solo superficial, argilo-arenoso, areno-argiloso laterizado ou aqueles indicados no projeto. Sempre que possível os materiais para proteção devem ser provenientes de cortes vizinhos ou de áreas de empréstimos indicados em projeto ou pela fiscalização.

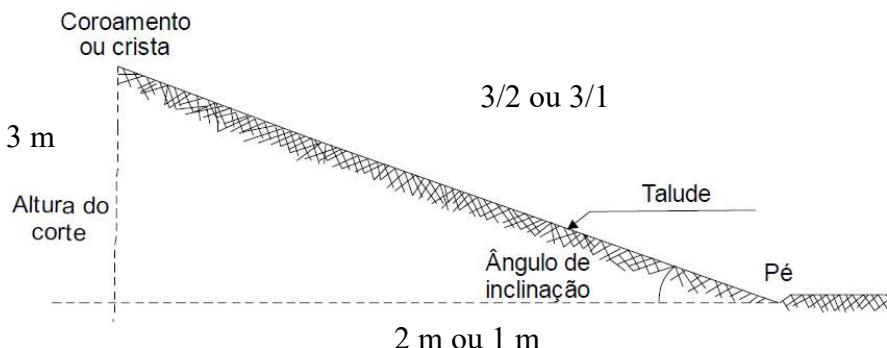
Quando alcançada o nível da plataforma de corte, se verificado a ocorrência de rocha sã ou em decomposição, deve-se promover o rebaixamento do greide, da ordem de 0,40 m, e o preenchimento do rebaixo com material inerte, indicado no projeto de engenharia. Se for verificada a ocorrência de solos do subleito inadequados, isto é, constituídos por solos de expansão maior que 2%, que possuem baixa capacidade de suporte ou orgânicos, é necessário o rebaixamento do greide de terraplenagem na espessura estabelecida em projeto, ou de 60 cm no mínimo, ou a definida pela fiscalização nos casos não previstos em projeto. Neste caso, deve-se proceder à execução de novas camadas, constituídas de materiais selecionados, os quais devem ser objeto de fixação no projeto de engenharia ou em sua revisão.

Após o processo de corte devem ser verificadas as condições do solo "*in natura*" nas camadas superficiais (0,60m superiores, equivalente à camada final do aterro), em termos de grau de

compactação. Os segmentos que, após o processo de corte, não atingirem as condições mínimas de compactação, devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e então devidamente compactados.

Os taludes de cortes devem apresentar as seguintes inclinações conforme o tipo de material a ser cortado:

- 1^a e 2^a categoria (condições gerais ou especificado em projeto): 3/2 ou 3/1



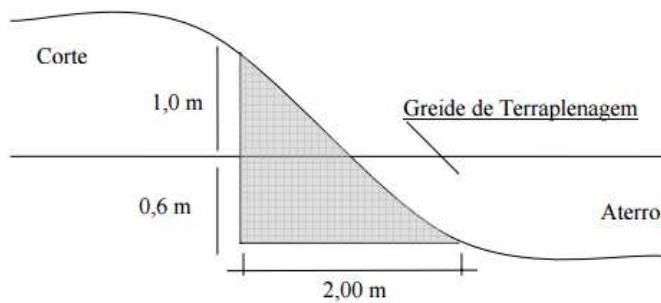
Os taludes ao final das escavações devem possuir a geometria indicada em projeto e superfície desempenada. Somente devem ser efetuadas alterações de inclinação caso novos dados geotécnicos justifiquem a alteração da inclinação, ou quando ocorrerem escorregamentos durante a execução. O talude deve apresentar a superfície desempenada, obtida pelos equipamentos de escavação.

As cristas de corte e entradas dos taludes devem ser arredondadas e as banquetas, sempre que possível, devem possuir concordância com terreno natural, o que pode envolver escavações não previstas em projeto, cabendo à fiscalização da Arteris autorizar estas escavações adicionais.

Os taludes em que houver diferentes inclinações, a concordância deve ser contínua, e executada de modo evitar a formação de elevações e depressões.

Nas áreas de transição de aterros para corte, deve ser executada a escavação e remoção de 0,60 m abaixo da cota de terraplenagem, na área de corte, na extensão mínima de 2,0 m. O material escavado deve ser substituído por materiais com as mesmas características dos 0,60 m da camada final de aterro, conforme Figura.

SEÇÃO LONGITUDINAL



- 3^a categoria (condições gerais ou especificado em projeto): 1/1 ou 90°.

Nos cortes de elevada altura, em função da inclinação indicada no projeto, deve ser procedida a implantação de patamares com banquetas de largura mínima de 3,0 m, e com valetas revestidas de proteção vegetal.

Quando as escavações necessitarem da utilização de explosivos, a utilização de explosivos deve ser executada de acordo com projeto específico para cada caso.

As escavações em locais que apresentarem material rochoso devem atender as seguintes exigências:

- a) quando a escavação atingir o greide de terraplenagem, mas apresentar saliências provenientes da retirada de blocos rochosos, as depressões devem ser preenchidas com material britado, tomando-se o cuidado de drenar essas depressões;
- b) não devem ser admitidos saliências superiores a 0,10 m, nem depressões superiores a 0,30 m em relação ao plano definido pela superfície de corte;
- c) não é permitida a existência de blocos de rocha em taludes que coloque a segurança dos usuários em risco.

Durante a execução dos cortes devem ser implantados, simultaneamente, os dispositivos de drenagem superficial, drenos sub-horizontais e elementos de proteção de talude, indicadas no projeto.

Não devem ser permitidos materiais soltos provenientes de limpeza ou escavação nas proximidades das linhas de OFFSETS dos cortes.

Os corta-rios, caso ocorram, devem ser tratados em conformidade com o projeto.

Desde o início das obras até seu recebimento definitivo, as escavações já executadas ou em execução devem ser protegidas contra a ação erosiva das águas e mantidas em condição que assegurem drenagem eficiente.

Todos os danos ou prejuízos que porventura ocorram em propriedades lindeiras, durante a execução dos serviços são de responsabilidade exclusiva do executante.

- Escavação de material solo mole ou material brejoso

Em locais de terreno alagado, toda área de escavação, sempre que possível, deve ser previamente drenada antes das operações de escavação carga do material.

A água da área deve ser removida por meio de valetas de drenagem, drenos de talvegue, bombeamento ou qualquer outro processo com eficácia comprovada e que seja economicamente viável. Tais processos devem estar especificados no projeto ou serem indicados pela fiscalização.

Quando for executada abertura de valas, para drenagem da água, a escavação deve ser executada de jusante para montante.

Quando as paredes das valas apresentarem instabilidade, a fiscalização da Arteris deve determinar o seu preenchimento com material inerte, envolvido ou não por manta filtrante, ou a construção de dreno de talvegue.

Em locais cuja inclinação do terreno não permita a drenagem da área por gravidade, deve ser executado poço de captação, para o qual devem ser conduzidas as águas por meio de valetas ou drenos de talvegue, para posterior esgotamento da água do poço por meio de bombeamento.

A presença de água durante a escavação, exceto quando autorizada pela fiscalização Arteris, só é permitida no caso de dragagem.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

8.1. Geométrico

Os levantamentos topográficos devem apontar se a altura e a largura da plataforma nos cortes atendem à seção transversal especificada no projeto.

Os taludes em corte devem apresentar, após operações de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto. As verificações devem ser realizadas pela executante e pela fiscalização, desde o início e até o término das escavações, de modo a permitir que sejam executadas correções, sempre que houver necessidade.

O acabamento da plataforma resultante deve atender à conformação da seção transversal indicada no projeto.

As tolerâncias admitidas para acabamento dos taludes e plataforma de terraplenagem são seguintes:

- a) a) variação de altura máxima, para eixos e bordas, escavação em solo: $\pm 0,05$ m;
- b) b) variação de altura máxima, para eixos e bordas, escavação em rocha: $\pm 0,10$ m;
- c) c) variação máxima de largura de + 0,20 m para cada semi-plataforma não se admitindo variação negativa.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Todo o serviço de corte e transporte do material desbastado é aceito desde que todos os itens da execução tenham sido observados e atendidos. Todo detalhamento de projeto deve ser atendido e corrigido quando necessário. Todo e qualquer serviço estará aceito caso esteja em conformidade com o disposto na especificação e aprovação da fiscalização da Arteris. Caso contrário, o serviço estará reprovado.

Especificação Particular

ARTERIS ES 108 – TERRAPLANAGEM – EXECUÇÃO DE ATERROS

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução das plataformas dos aterros mediante o depósito de materiais sobre o terreno natural.

Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- DNER-ME 037/94 – Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do óleo.
- DNER-ME 049/94 – Solos – Determinação do “Índice de Suporte Califórnia” utilizando amostras não trabalhadas.
- DNER-ME 080/94 – Solos – Análise granulométrica por peneiramento.
- DNER-ME 082/94 – Solos – Determinação do limite de plasticidade.
- DNER-ME 092/94 – Solos – Determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com o emprego do frasco de areia.
- DNER-ME 122/94 – Solos – Determinação do limite de liquidez – Método de referência e método expedito.
- DNER-ME 129/94 – Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT 001/2009-PRO – Elaboração e apresentação de normas do DNIT – Procedimento.
- DNIT 011/2004-PRO – Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento.
- DNIT 013/2004-PRO – Requisitos para a qualidade em obras rodoviárias – Procedimento.
- DNIT 070-PRO – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento.
- DNIT 104-ES – Terraplenagem – Serviços preliminares – Especificação de serviço.

- DNIT 106-ES – Terraplenagem – Cortes – Especificação de serviço.
- DNIT 107-ES – Terraplenagem – Empréstimos.
- ARTERIS ME 9122 – Compacidade Relativa
- ARTERIS ES 130 - Terraplanagem – Colchão drenante de areia para fundação de aterro

3. DEFINIÇÕES

Para o efeito desta Norma são adotadas as seguintes definições:

3.1. Equipamento em geral

Máquinas, veículos, equipamentos outros e todas as unidades móveis utilizadas na execução dos serviços e obras.

3.2. Aterros

Segmentos da rodovia cuja implantação requer depósito de materiais provenientes de cortes e/ou de empréstimos no interior dos limites das seções de projeto (“Off sets”) que definem o corpo estradal, o qual corresponde à faixa terraplenada.

3.3. Faixa terraplenada

Faixa correspondente à largura que vai de crista a crista do corte, no caso de seção plena em corte; do pé do aterro ao pé do aterro, no caso de seção plena em aterro; e da crista do corte ao pé do aterro, no caso da seção mista. É a área compreendida entre as linhas “Off sets”.

3.4. Corpo de aterro

Parte do aterro situada sobre o terreno natural até 0,60 m abaixo da cota correspondente ao greide de terraplanagem.

3.5. Camada final

Parte do aterro constituída de material selecionado, com base em preceitos técnico-econômicos, com 60,0 cm de espessura situada sobre o corpo do aterro ou sobre o terreno remanescente de um corte e cuja superfície é definida pelo greide de terraplanagem.

3.6. Plataforma da estrada

Superfície do terreno ou terrapleno, compreendida entre os dois pés dos cortes, no caso da seção em corte; compreendida entre crista a crista do aterro, no caso de seção em aterro; ou compreendida entre pé do corte a crista do aterro, no caso de seção mista. No caso dos cortes a plataforma compreende também a sarjeta.

3.7. Bota fora

Material de escavação de cortes, não aproveitado nos aterros, devido à sua má qualidade, ao seu volume ou à excessiva distância de transporte, e que é depositado fora da plataforma da rodovia, de preferência nos limites da faixa de domínio, quando possível.

Local de bota-fora: lugar estabelecido para depósito de materiais inservíveis.

3.8. Compactação

Operação por processo manual ou mecânico, destinada a reduzir o volume de vazios de um solo ou outro material, com a finalidade de aumentar-lhe a massa específica, resistência e estabilidade.

4. CONDIÇÕES GERAIS

O início e desenvolvimento dos serviços de execução de aterro pertinente a um segmento viário se condicionam à rigorosa observância do disposto nas subseções 4.1 e 4.2 a seguir.

4.1. Antes do início da execução dos aterros, os elementos/componentes do processo construtivo pertinente e que serão utilizados para a respectiva implantação do aterro, devem estar em condições adequadas, condições estas retratadas pelo atendimento ao disposto nas subseções 4.1 a 4.8 da Norma DNIT 106/2009-ES – Terraplenagem - Cortes.

4.2. No tocante ao segmento em aterro a ser implantado, as respectivas marcações do eixo e dos “Off sets”, bem como as referências de nível (RN), já devidamente atendido o disposto nas subseções 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.4 da Norma DNIT 104/2009 – ES - Serviços Preliminares, devem, após as operações de desmatamento e destocamento, ser devidamente checadas e, se for o caso, revistas, de sorte a guardarem consonância com a nova configuração da superfície do terreno e com o Projeto Geométrico.

Neste sentido, e em consequência, deve ser procedido novo levantamento de seções transversais, de forma solidária com os RN instituídos no Projeto de Engenharia.

Tais seções transversais constituir-se-ão, então, nas “seções primitivas” a serem efetivamente consideradas, para efeito de elaboração e de marcação da “Nota de Serviço de Terraplanagem” (respeitadas as cotas do projeto geométrico), do controle geométrico dos serviços e da medição dos serviços executados.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. MATERIAIS

Os materiais a serem utilizados na execução dos aterros devem ser provenientes das escavações referentes à execução dos cortes e da utilização de empréstimos, devidamente caracterizados e selecionados com base nos Estudos Geotécnicos desenvolvidos através do Projeto de Engenharia.

Tais materiais, que ordinariamente devem atender a vários requisitos, em termos de características mecânicas e físicas, conforme se registra a seguir:

- a) Ser preferencialmente utilizados, de conformidade com sua qualificação e destinação prévia fixada no projeto.
- b) Ser isentos de matérias orgânicas, micáceas e diatomáceas. Não devem ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.
- c) Para efeito de execução do corpo do aterro, apresentar capacidade de suporte adequada ($ISC \geq 2\%$) e expansão menor ou igual a 4%, quando determinados por intermédio dos seguintes ensaios:

- Ensaio de compactação – Norma DNER-ME 129/94 (Método A);
- Ensaio de Índice Suporte Califórnia - ISC – Norma DNER-ME 49/94, com a energia do Ensaio de Compactação (Método A).

d) Para efeito de execução da camada final dos aterros, apresentar dentro das disponibilidades e em consonância com os preceitos de ordem técnico-econômica, a melhor capacidade de suporte ($ISC \geq 2\%$, ou igual ou superior ao especificado pelo projetista, quando indicado em projeto) e expansão $\leq 2\%$, cabendo a determinação dos valores de CBR e de expansão pertinentes, por intermédio dos seguintes ensaios:

- Ensaio de Compactação – Norma DNER-ME 129/94 (Método B).
- Ensaio de Índice Suporte Califórnia – ISC – Norma DNER-ME 49/94, com a energia do Ensaio de Compactação do (Método B).

O atendimento aos mencionados preceitos deve ser efetivado através de análise técnico-econômica, considerando as alternativas de disponibilidade de materiais ocorrentes e incluindo-se, pelo menos, 01 (uma) alternativa com a utilização de material com $CBR \geq 6\%$.

e) Caso exista previsão em projeto, poderão ser utilizados materiais de característica arenosa. Nestes casos as liberações serão realizadas através do método ARTERIS ME 9122 – COMPACIDADE RELATIVA. A metodologia executiva se encontra disposta no item 5.3.13

f) Em regiões onde houver ocorrência de materiais rochosos, desde que devidamente especificado no projeto de engenharia, o emprego destes materiais de 3^a categoria (rochas), atendidas as condições prescritas no projeto de engenharia e o disposto na subseção 5.3 – Execução.

5.2. EQUIPAMENTOS

5.2.1. A execução dos aterros deve prever a utilização racional de equipamento apropriado, atendidas as condições locais e a produtividade exigida.

5.2.2. Podem ser empregados escavadeiras, tratores de lâmina, escavo-transportadores, moto-escavo-transportadores, caminhões basculantes, motoniveladoras, rolos lisos, de pneus e pés de carneiro, estáticos ou vibratórios.

5.3. EXECUÇÃO

O início e o desenvolvimento dos serviços de execução dos aterros devem obedecer, rigorosamente, à programação de obras estabelecida e consignada na “Segmentação do Diagrama de Bruckner” enfocada na subseção 4.2.7 da Norma DNIT 104/2009 - ES – Terraplenagem - Serviços Preliminares.

Uma vez atendida esta condição, a execução dos aterros deve ser procedida, depois da devida autorização da Fiscalização, mediante a utilização dos equipamentos focalizados na subseção 5.2, obedecendo aos elementos técnicos constantes no Projeto de Engenharia e atendendo ao conteúdo nas subseções 5.3.1 a 5.3.18.

5.3.1. Descarga, espalhamento em camadas, homogeneização, conveniente umedecimento ou aeração, compactação dos materiais selecionados procedentes de cortes ou empréstimos, para a construção do corpo do aterro até a cota correspondente ao greide de terraplenagem.

5.3.2. Descarga, espalhamento em camadas, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais procedentes de cortes ou empréstimos, destinados a substituir eventualmente os materiais de qualidade inferior, previamente retirados, a fim de melhorar as fundações dos aterros.

5.3.3. No caso de aterros assentes sobre encostas com inclinação transversal acentuada, de acordo com o projeto, as encostas naturais devem ser escarificadas com um trator de lâmina, produzindo ranhuras, acompanhando as curvas de nível. Se a natureza do solo condicionar a adoção de medidas especiais para a solidarização do aterro ao terreno natural, a Fiscalização pode exigir a execução de degraus ao longo da área a ser aterrada.

5.3.4. O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas, em toda a largura da seção transversal, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação, de acordo com o previsto no projeto de engenharia. Para o corpo dos aterros, a espessura de cada camada compactada não deve ultrapassar de 0,30 m. Para as camadas finais essa espessura não deve ultrapassar de 0,20 m.

5.3.5. Todas as camadas do solo devem ser convenientemente compactadas, de conformidade com o definido no projeto de engenharia. Ordinariamente, o preconizado é o seguinte:

- a) Para o corpo dos aterros, na umidade ótima, mais ou menos 3%, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% da massa específica aparente máxima seca, do ensaio realizado pela Norma DNER- ME 129/94, Método A.
- b) Para as camadas situadas no último um metro, o grau de compactação mínimo exigido é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima na energia adotada para compactação do material (DNER- ME 129/94, Método B). A variação de umidade do material admitida é de $\pm 3\%$ para as camadas iniciais, e de $\pm 2\%$ para as três últimas camadas (60cm), em relação à umidade ótima de compactação.
- c) Os trechos que não atingirem às condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com o estabelecido no projeto de engenharia.

5.3.6. No caso de alargamento de aterros, sua execução obrigatoriamente deve ser procedida de baixo para cima, acompanhada de degraus nos seus taludes. Desde que justificado em projeto, pode a execução ser feita por meio de arrasamento parcial do aterro existente, até que o material escavado preencha a nova seção transversal, complementando-se após, com material importado, toda a largura da referida seção transversal. No caso de aterros em meia encosta, o terreno natural deve ser, também, escavado em degraus.

5.3.7. A inclinação dos taludes de aterro, tendo em vista a natureza dos solos e as condições locais, deve ser fornecida pelo projeto de engenharia.

5.3.8. Na execução dos aterros, deve ser cuidadosamente controlada e verificada a inclinação dos taludes, tanto com o uso de esquadro ou gabarito apropriado, bem como pelas referências laterais.

5.3.9. Para a construção de aterros assentes sobre terreno de fundação de baixa capacidade de carga, projeto de engenharia específico com especificação particular pertinente deve prever a solução a ser seguida. No caso de consolidação por adensamento da camada mole deve ser exigido o controle por medição de recalques e, quando prevista, a observação da variação das pressões neutras.

5.3.10. No caso da execução de aterros sobre solos de baixa resistência, solos moles e quando previsto no projeto de engenharia, para a remoção de tais solos devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) Iniciar as escavações para remoção dos solos moles no local exato determinado pela Fiscalização, a qual também determinará, face aos resultados das escavações, o término das mesmas, sempre com a orientação determinada previamente no projeto de engenharia. Quando a remoção se fizer próximo a construções, podem ser necessários cuidados especiais para evitar danos aos prédios. Neste caso, devem ser cravadas estacas-prancha ou utilizadas outras formas, então aprovadas, para conter o solo sob a construção, antes do início da remoção, de forma a assegurar a estabilidade do prédio. Os locais devem ser determinados no Projeto de Engenharia, e nas situações não previstas, a critério da Fiscalização;
- b) Escavar em nichos de, no máximo, 10,0 metros ao longo do eixo e 5,0 metros perpendiculares ao eixo da rodovia;
- c) Reaterrar os nichos logo após concluída a escavação;
- d) Evitar rebaixar o nível de água dentro da escavação, ou seja, a escavação deve ser feita de forma lenta o suficiente para evitar que o equipamento de escavação remova água, mas o mais rápido possível para minimizar o tempo de escavação aberta;
- e) Sob nenhuma hipótese deve se admitir que qualquer escavação seja deixada aberta durante paralisações de construção, ou mesmo interrupções não previstas;
- f) Os taludes da escavação devem ser o mais íngreme possível e mantendo a estabilidade;
- g) O material de enchimento das cavas de remoção, como em geral estas compreendem áreas com nível d'água elevado, deve ser constituído por material inerte granular até o nível em que seja possível, inclusive com previsão de uso de bombeamento de vala, e prosseguimento do reaterro com solo compactado a seco.
- h) Tão logo o material de preenchimento esteja acima do nível d'água na escavação, o material deve ser compactado com rolo liso, ou a critério da Fiscalização;
- i) O material removido deve ser depositado convenientemente ao lado da rodovia; outro local qualquer definido pela Fiscalização, e provido de diques de retenção dos materiais, de forma que a água contida no solo se esvai, permitindo uma pré-secagem do solo antes do mesmo ter sua conformação definitiva, ou ser transportado para os locais de bota-fora ou de recomposição de empréstimos, conforme designado no Projeto.

Ressalta-se que todos os levantamentos em áreas de escavação deverão ser acompanhados e liberados através de equipe de topografia designada pela contratante

5.3.11. Os aterros-barragens devem ter o seu projeto e construção fundamentados nas considerações de problemas referentes à compactação de solos, estabilidade do terreno de fundação, estabilidade dos taludes e percolação da água nos meios permeáveis. Devem ser objeto de Projeto de Engenharia específico e Especificação Particular pertinente.

5.3.12. Em regiões onde houver ocorrência predominante de materiais rochosos, deve ser admitida a execução do corpo do aterro com o emprego dos mesmos materiais, conforme definido no projeto de engenharia, ou desde que haja conveniência, e a critério da Fiscalização. A rocha deve ser depositada em camadas, cuja espessura não deve ultrapassar a 0,75 m. Os últimos 2,00 m do corpo do aterro devem ser executados em camadas de, no máximo, 0,30 m de espessura. A conformação das camadas deve ser executada mecanicamente, devendo o material ser espalhado com equipamento apropriado e devidamente compactado por meio de rolos vibratórios. Deve ser obtido um conjunto livre de grandes vazios e engaiolamentos e o diâmetro máximo dos blocos de pedra deve ser limitado pela espessura da camada. O tamanho admitido para maior dimensão da pedra deve ser de 2/3 da espessura da camada compactada (diâmetro máximo de 50cm para utilização em camadas compactadas de 75cm).

Nota: Entre as camadas de rachão deve ser executado o devido travamento com material cujo resultado no ensaio de equivalente de areia seja superior a 55%, e que atenda umas das condições das faixas granulométricas abaixo:

Peneiras		Percentagem passando, em peso				
ASTM	Abertura, mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
1"	25,4	100	-	-	-	-
¾"	19,1	-	100	100	-	-
⅜"	9,5	50 – 85	69-100	-	100	100
n.º 4	4,8	-	-	55-100	70-100	60-80
n.º 10	2	25 – 50	40-70	-	-	-
n.º 40	0,42	-	-	20-50	30-60	15-25
n.º 200	0,074	5 – 15	5-20	6-20	8-25	0-12

5.3.13. Em regiões onde houver ocorrência predominante de areia, deve ser admitido seu uso na execução de aterros. O projeto de engenharia deve definir a espessura e demais características das camadas de areia e de material terroso subsequente. Ambas as camadas devem ser

convenientemente compactadas. A camada de material terroso deve receber leivas de gramíneas, para sua proteção. Todos os ensaios e procedimentos necessários para garantia e verificação da qualidade final dos serviços deverá ser previamente definido pelo projetista. Devem ser atendidos requisitos visando o dimensionamento da espessura das camadas, regularização das mesmas, execução de leivas de contenção sobre material terroso e a compactação das camadas de material terroso subsequentes ao aterro em areia.

5.3.14. A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, deve ser procedida a sua conveniente drenagem e obras de proteção, mediante a plantação de gramíneas ou a execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, tudo de conformidade com o estabelecido no projeto de engenharia.

5.3.15. Havendo a possibilidade de solapamento da saia do aterro, em épocas chuvosas, deve ser providenciada a construção de enrocamento no pé do aterro. Na execução de banquetas laterais ou meios-fios, conjugados com sarjetas revestidas, desde que previstas no projeto, as saídas de água devem ser convenientemente espaçadas e ancoradas na banqueta e na saia do aterro. O detalhamento destas obras deve ser apresentado no projeto de engenharia.

5.3.16. Sempre que possível, nos locais de travessia de cursos d'água ou passagens superiores, a construção dos aterros deve preceder a das obras-de-arte projetadas. Em caso contrário, todas as medidas de precaução devem ser tomadas, a fim de que o método construtivo empregado para a construção dos aterros de acesso não origine movimentos ou tensões indevidas em qualquer obra-de-arte.

5.3.17. Os aterros de acesso próximos dos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, sapos mecânicos etc. A execução deve ser em camadas, com as mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo do aterro, e atendendo ao preconizado no projeto de engenharia. Devem ser seguidos os padrões de qualidade expressos nas especificações DNIT ES 023/2006, ES 024/2004 e ES 025/2004.

5.3.18. Antes do lançamento de cada camada, caso a camada superficial se apresente selada, a mesma deverá ser escarificada para perfeita ligação entre camadas. Na iminência de chuvas ou caso os trabalhos de lançamento e compactação tiverem que ser interrompidos por um intervalo de tempo considerado prolongado pela Fiscalização, a superfície do aterro deverá ser selada

convenientemente. Após o período de interrupção, antes do reinício do lançamento e compactação, a camada superior deverá ser retrabalhada conforme exposto acima, até apresentar condições adequadas para ser compactada.

5.3.19. Nos casos em que há previsão de execução de colchão drenante, os serviços deverão estar de acordo com o disposto na Especificação ARTERIS ES 130 – Colchão Drenante

5.3.20. Durante a construção, os serviços já executados devem ser mantidos, permanentemente, com a devida conformação geométrica e com adequado funcionamento do sistema de drenagem superficial.

6. CONDICIONANTES AMBIENTAIS

Nas operações destinadas à execução dos aterros, objetivando a preservação ambiental, devem ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental, definidos e/ou instituídos no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, os Programas Ambientais pertinentes do PBA e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

O conjunto de soluções e procedimentos, acima reportados, constitui elenco bastante diversificado de medidas condicionantes que, à luz do instrumental técnico-normativo pertinente e referenciado à Norma DNIT 070/2006-PRO, comporta o desdobramento apresentado na forma das subseções 6.1 a 6.3, que se seguem.

6.1. Medidas condicionantes de cunho genérico, focalizadas na subseção 4.2 da Norma DNIT 070/2006-PRO, e que contemplam, entre outros, os seguintes tópicos:

- O atendimento à plena regularidade ambiental;
- A observância rigorosa da legislação referente ao uso e à ocupação do solo, vigente no município envolvido;
- O estabelecimento de horário de trabalho compatível com a lei do silêncio (regional ou local);

- O atendimento à segurança e ao conforto dos usuários da rodovia e dos moradores das faixas lindeiras;
- A segurança operacional dos trabalhadores da obra;
- O planejamento e a programação das obras;
- O disciplinamento do fluxo de tráfego e do estacionamento dos veículos e equipamentos;
- A devida recuperação ambiental das áreas afetadas pelas obras, após o encerramento das atividades.

6.2. Medidas condicionantes de cunho específico, focalizadas na subseção 5.1 da Norma DNIT 070/2006-PRO, e que contemplam os tópicos “canteiro de obras”, “instalações industriais” e “equipamentos em geral”, em suas etapas de instalação / mobilização, de operação e de desmobilização.

6.3. Medidas condicionantes de cunho específico, focalizadas na subseção 5.5 da Norma DNIT 070/2006-PRO e que, contemplando as atividades e ocorrências relacionadas com a execução dos aterros, se detêm, entre outros tópicos, nos seguintes:

- Ocorrências ou aceleração de processos erosivos;
- Problemas de instabilidade física dos maciços;
- Execução de aterros em encostas;
- Implantação de sistema de drenagem específico;
- Execução de obras e serviços de proteção;
- Operações de terraplenagem em rocha.

NOTA: Em função de necessidades e particularidades específicas, detectadas ao longo do desenvolvimento dos serviços, a Fiscalização deve acatar, acrescentar, complementar ou suprimir itens integrantes do elenco de condicionantes, instituído na documentação técnica reportada.

7. INSPEÇÕES

Objetivando o atendimento ao preconizado nas Normas DNIT 011/2004-PRO e DNIT 013/2004-PRO, a Fiscalização deve elaborar e cumprir competente Programa de Inspeções, de sorte a exercer o controle externo da obra.

Neste sentido, e de conformidade com o instituído no “Planejamento Geral da Obra ou Plano da Qualidade (PGQ)”, referidas inspeções de forma sistemática e contínua, devem atender ao disposto na forma das subseções 7.1 a 7.4 que se seguem.

7.1. CONTROLE DOS INSUMOS

Deve ser procedido o controle tecnológico dos materiais terrosos utilizados, objetivando verificar quanto ao atendimento aos vários requisitos, em termos de características físicas e mecânicas, de conformidade com o definido no Projeto de Engenharia e nas alíneas “a” a “e” da subseção 5.1 desta Norma.

Neste sentido, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) 1 (um) ensaio de compactação, segundo o Método de Ensaio da Norma DNER-ME 129/94 (Método A), para cada 1.000 m³ de material do corpo do aterro; ou, menor em caso de mudança do material;
- b) 1 (um) ensaio de compactação, segundo o Método de Ensaio da Norma DNER-ME 129/94 (Método B), para cada 200m³ de material de camada final do aterro;
- c) 1 (um) ensaio de granulometria (DNER-ME 080/94), do limite de liquidez (DNER-ME 122/94) e do limite de plasticidade (DNER-ME 082/94) para o corpo do aterro (caracterização completo), para cada 10.000 m³ de material do corpo do aterro submetidas ao ensaio de compactação, conforme a alínea “a” desta subseção;
- d) 1 (um) ensaio de granulometria (DNER-ME 080/94), do limite de liquidez (DNER-ME 122/94) e do limite de plasticidade (DNER-ME 082/94), para camadas finais do aterro, para cada 4.000 m³ de material das camadas finais do aterro submetidas ao ensaio de compactação, conforme a alínea “b” desta subseção;
- e) 1 (um) ensaio do Índice de Suporte Califórnia, com energia do Método de Ensaio da Norma DNER-ME 049/94 para camada final, para cada 4.000 m³ de material das camadas finais do aterro submetidas a ensaios de compactação, segundo a alínea “b” desta subseção.

7.2. CONTROLE DA EXECUÇÃO

7.2.1. Quanto aos atributos genéricos:

Deverá ser verificado, na execução de cada segmento de aterro, se:

- A sua execução foi, na forma devida, formalmente autorizada pela Fiscalização;
- A origem do material terroso utilizado está de conformidade com a distribuição definida no projeto de engenharia;
- O disposto nas seções 4 e 5 desta Norma está sendo atendido.

7.2.2. Quanto à consolidação dos aterros:

Deve ser verificado quanto à observância do constante nas subseções 5.3.9 e 5.3.10 e suas alíneas, desta Norma.

7.2.3. Quanto à compactação:

Devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) Ensaio de massa específica aparente seca “in situ”, em locais escolhidos aleatoriamente, por camada, distribuídos regularmente ao longo do segmento, pelos Métodos de Ensaios das Normas DNER-ME 092/94 e DNER-ME 037/94. Para pistas de extensões limitadas, com volume de, no máximo, 1.200m³ no corpo do aterro, ou 800m³ para as camadas finais, devem ser feitas, pelo menos, cinco determinações para o cálculo do grau de compactação (GC).
- b) O número de ensaios de massa específica aparente “in situ”, para o controle da execução, deve ser definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade, a ser assumido pelo executante, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 - TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																
n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	21	
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01	
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	

$n = n^{\circ}$ de amostras; $k = $ coeficiente multiplicador; $\alpha = $ risco do Executante.

c) As determinações do grau de compactação (GC) devem ser realizadas utilizando-se os valores da massa específica aparente seca de laboratório e da massa específica aparente "in situ" obtida no campo. Devem ser obedecidos os limites seguintes:

- Corpo do aterro: GC $\geq 95\%$, conforme alínea "a" da subseção 5.3.5.
- Camadas finais GC $\geq 100\%$, conforme alínea "b" da subseção 5.3.5.

d) Nas camadas finais de terraplenagem, devem ser feitos controles de deflexão pela Viga Benkelman. A deflexão característica calculada para o segmento a ser aprovado deve ser menor que a deflexão máxima admissível para a camada.

Nota: O executante deve informar previamente à Fiscalização a quantidade de ensaios e determinações que pretende realizar.

7.3. VERIFICAÇÃO DO PRODUTO

7.3.1. Quanto ao controle geométrico:

O controle geométrico de execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico e com gabarito apropriado e considerando os elementos geométricos estabelecidos nas "Notas de Serviço", com os quais deve ser feito o acompanhamento da execução dos serviços.

Através da verificação do alinhamento, do nivelamento do eixo e das bordas e de medidas de largura deve ser verificado se foi alcançada a conformação da seção transversal do projeto de engenharia, admitidas as seguintes tolerâncias:

- c) Variação máxima da altura máxima de $\pm 0,04$ m, para o eixo e bordas;
- d) Variação máxima da largura de + 0,30 m, para a plataforma, não sendo admitida variação negativa.

7.3.2. Quanto ao acabamento e configuração dos taludes:

O controle deve ser visual, considerando o definido no projeto de engenharia e o constante nas subseções 5.3.7 e 5.3.8 da seção 5 desta Norma.

7.3.3. Quanto ao atendimento ambiental:

Deve ser verificado quanto à devida observância e atendimento ao disposto na seção 6 desta Norma, bem como procedida a análise dos resultados alcançados, em termos de preservação ambiental.

7.4. CONDIÇÕES DE CONFORMIDADE E NÃO-CONFORMIDADE

Todos os ensaios de controle e verificação dos insumos, da execução e do produto devem ser realizados de acordo com o Plano da Qualidade, devendo atender às condições gerais e específicas das seções 4 e 5 desta Norma, respectivamente.

Devem ser controlados o valor mínimo para o ISC e para o grau de compactação e o valor máximo para expansão, com valores de k obtidos na Tabela de Amostragem Variável, adotando-se o procedimento seguinte:

Para ISC e GC tem-se:

$\bar{X} - ks <$ valor mínimo admitido, rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks >$ valor mínimo admitido, aceita-se o serviço.

Para a expansão, tem-se:

$\bar{X} + ks >$ valor máximo admitido, rejeita-se o serviço;

$\bar{X} + ks \leq$ valor máximo admitido, aceita-se o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i - valores individuais;

\bar{X} - média da amostra;

k – coeficiente tabelado, em função do número de determinações (tamanho da amostra);

n – número de determinações (tamanho da amostra)

Os resultados do controle serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para o tratamento das “Não-Conformidades” da Execução ou do Produto.

Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo componente ou detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido ou refeito.

Qualquer serviço, então corrigido, só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma, caso contrário o serviço deve ser rejeitado.

8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Considerando que a medição dos serviços tem como uma de suas finalidades básicas a determinação, de forma racional e precisa, do respectivo custo de execução, a abordagem desta seção comporta dois tópicos específicos, a saber: A “medição propriamente dita dos serviços executados” e a “apropriação do custo da respectiva execução”.

8.1. PROCESSOS DE MEDIÇÃO

Tendo em vista que as medições correspondentes à escavação, carga e transporte dos materiais já foram devidamente focalizadas quando da abordagem da execução dos Cortes e dos Empréstimos, a medição dos aterros comporta, estritamente, a quantificação da compactação, a qual envolve várias operações a saber: a descarga e o espalhamento do material em camadas, o ajuste e homogeneização da umidade do solo, a compactação propriamente dita e o respectivo acabamento do aterro.

8.1.1. Tendo em consideração as características e particularidades inerentes a cada uma das camadas executadas, aceitas em conformidade com a subseção 7.4 desta Norma, os serviços

serão medidos em m³, segundo a Nota de Serviço expedida e a seção transversal projetada, separadamente, segundo as alíneas a seguir:

- a) Compactação das camadas do corpo de aterro;
- b) Compactação das camadas finais de aterro;

8.1.2. A cubação dos materiais compactados deve ser efetivada com base no apoio topográfico e referências de nível (RN) integrantes do Projeto de Engenharia, devendo as seções primitivas ser objeto de checagens e dos devidos tratamentos focalizados nas subseções 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.4 da Norma DNIT 104/2009 - ES - Serviços Preliminares e na subseção 4.2 desta Norma.

Assim, para efeito de cálculo dos volumes deve ser aplicado o método da “média das áreas”, devendo as seções transversais finais a ter lugar após a conclusão do aterro, ser levantadas dentro de adequado grau de precisão e de forma solidária com os RN’s que referenciaram as seções primitivas, bem como aquelas seções transversais levantadas em sequência ao desmatamento, na forma da subseção 4.2 desta Norma, seções transversais estas que passam a ser consideradas como as seções primitivas a serem efetivamente adotadas, para efeito de controle e de medição dos serviços.

Os valores, então obtidos, devem ser cotejados e considerados em função do disposto no projeto de engenharia, em especial as seções transversais definidas, o Diagrama de Bruckner e sua segmentação, na forma da subseção 4.2.7 da Norma DNIT 104/2009 - ES – Terraplenagem - Serviços Preliminares - Especificação de serviço, bem como as tolerâncias assumidas conforme preconizado na seção 7 desta Norma.

8.1.3. Devem ser considerados como integrantes ordinárias, dos processos construtivos pertinentes aos serviços focalizados nesta Norma, as seguintes operações:

- a) As operações referentes ao acabamento final da plataforma e dos taludes.
- b) As operações referentes à preservação ambiental, focalizadas na seção 6 desta Norma.

8.1.4. Na memória de cálculo dos quantitativos pertinentes à execução dos serviços em foco, os serviços executados devem ser objeto de quantificação e apresentação explícita em separado, em função do posicionamento específico da camada de aterro correspondente. Neste sentido,

os demonstrativos dos quantitativos de serviços executados, observando o disposto na subseção 8.1.1, devem estar referidos ao estaqueamento do eixo da via em construção e desdobrados em dois conjuntos, na forma que se segue:

- a) Volume de material compactado, constituinte das camadas de corpo do aterro, na forma do constante da subseção 5.3.5 desta Norma e considerando o que dispõe o projeto de engenharia;
- b) Volume de material compactado, constituinte das camadas finais do aterro, na forma do constante da subseção 5.3.5 desta Norma e considerando o que dispõe o projeto de engenharia.

NOTAS:

- Os serviços pertinentes à abertura dos caminhos de serviço que se situam dentro da faixa de “OFFSETS” devem ter seu demonstrativo de cálculo inserido na planilha de Caminhos de Serviço, mas o respectivo quantitativo de serviço estabelecido deve ser agregado ao conjunto referente à alínea “a”, definida nesta subseção 8.1.4.
- O disposto no tópico anterior deve estar devidamente registrado nas Memórias de Cálculo pertinentes às Especificações em foco.
- O Modelo correspondente da Folha de Memória de Cálculo, com respectiva instrução para elaboração, consta no Manual de Implantação Básica, do DNIT.

Especificação Particular

ARTERIS ES 130 – TERRAPLANAGEM – COLCHÃO DRENANTE DE AREIA PARA FUNDAÇÃO DE ATERRO

1. OBJETIVO

Este documento define a sistemática empregada na execução de colchão drenante de areia para implantação de fundação de aterro. Para tanto, são apresentados os requisitos concernentes a materiais, execução, manejo ambiental, controle de qualidade, além dos critérios para aceitação e rejeição dos serviços.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta obrigatória para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia.
- ABNT-NBR 12824 - Geotêxtil – Determinação da resistência à tração não-confinada - Ensaio de tração de faixa larga.
- ABNT-NBR 13292 – Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante.
- ARTERIS ES – 012 Rev.00 - Mantas geotêxtils em dispositivos de drenagem.
- ASTM D 4491. Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity. Philadelphia, 2004.
- ASTM D 4632. Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles. Philadelphia, 2003.
- DNER-PRO 381/98 - Projeto de aterros sobre solos moles para obras viárias.

3. DEFINIÇÕES

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Colchão drenante de areia:

Consiste na associação de uma camada executada com areia selecionada protegida por geotêxtil não tecido, aplicada diretamente sobre os terrenos de fundação de aterros compostos por materiais saturados e de baixa resistência ao cisalhamento, antecedendo a execução do aterro.

4. CONDIÇÕES GERAIS

Não é permitida a execução dos serviços objeto desta especificação:

4.1. Sem autorização prévia e formal da Arteris.

4.2. Sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme normas de segurança para trabalhos em rodovias.

4.3. Sem a executante apresentar a Licença Ambiental de exploração do areal, seja este comercial ou de exploração local.

Antes da execução deverão ser efetuados os offsets e destocamento das árvores existentes na área.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Material

5.1.1. Areia

Deve ser utilizada na confecção do colchão drenante areia média ou grossa, isenta de matéria orgânica ou outras impurezas prejudiciais às suas condições drenantes.

- Equivalente de areia deve ser igual ou superior a 35% (ABNT NBR 12052).

- A areia empregada no colchão drenante deverá apresentar uma permeabilidade mínima de 5,0E-03 cm/s, ou conforme parâmetros previstos em projeto, de acordo com o ensaio o previsto na ABNT-NBR 13292.

5.1.2. Geossintético

As mantas geotêxtils de poliéster não tecido, utilizadas na execução dos dispositivos de drenagem, com a finalidade de filtração, separação e proteção em obras geotécnicas.

O tipo e propriedade deverão ser indicados em projeto e atender as especificações descritas na Tabela 01 – Propriedade de Manta Geotêxtil Não Tecido, salvo com orientação do projetista ou supervisão.

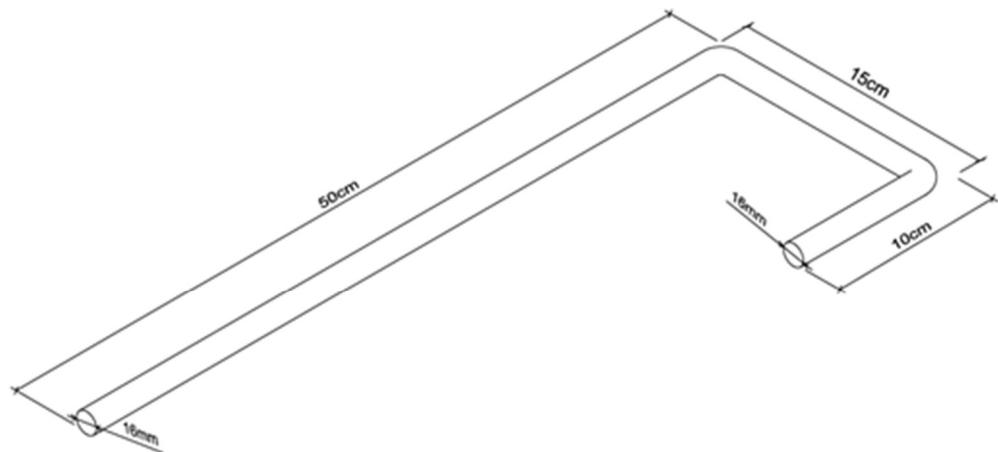
Tabela 1 - Propriedade de Manta Geotêxtil Não Tecido

PROPRIEDADE	NORMA	MANTA GEOTÊXTIL TIPO		
		A	B	C
Resistência a tração faixa Larga	NBR-12824	$\geq 12\text{kN/m}^*$	$\geq 14\text{kN/m}^*$	$\geq 19\text{kN/m}^*$
Alongamento	NBR-12824	$\leq 75\%^*$	$\leq 75\%^*$	$\leq 75\%^*$
Resistência a Tração Grab	NBR - 4632(2)	$\geq 800\text{N}^*$	$\geq 960\text{N}^*$	$\geq 1290\text{N}^*$
Resistência ao Punctionamento CBR	NBR - 13359	$\geq 2,5\text{kN}$	$\geq 3,0\text{kN}$	$\geq 4,0\text{kN}$
Permeabilidade	ASTM D 4491	$\geq 0,35\text{cm/s}$	$\geq 0,35\text{cm/s}$	$\geq 0,35\text{cm/s}$
Abertura Aparente AOS (o95)	ASTM D 4751	0,11 mm a 0,21 mm	0,08 mm a 0,19 mm	0,07 mm a 0,16 mm

* Limite admissível na direção de menor resistência

5.1.3. Gancho de Ancoragem

O Gancho para ancoragem deverá ser fabricado em barra de aço de 16 mm conforme detalhe abaixo:



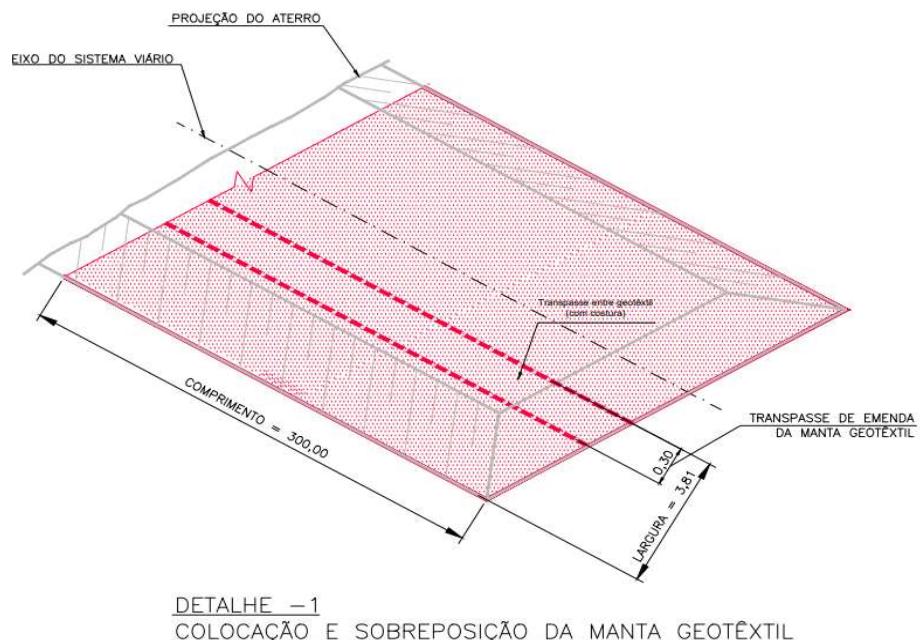
GANCHO ANCORAGEM - DETALHE 1

EM PERSPECTIVA
SEM ESCALA

5.2. Fixação da manta geotêxtil

5.2.1. Junção com costura

Entre o transpasse das mantas geotêxteis deve ser realizada uma costura, com linha de resistência adequada.



6. EQUIPAMENTO

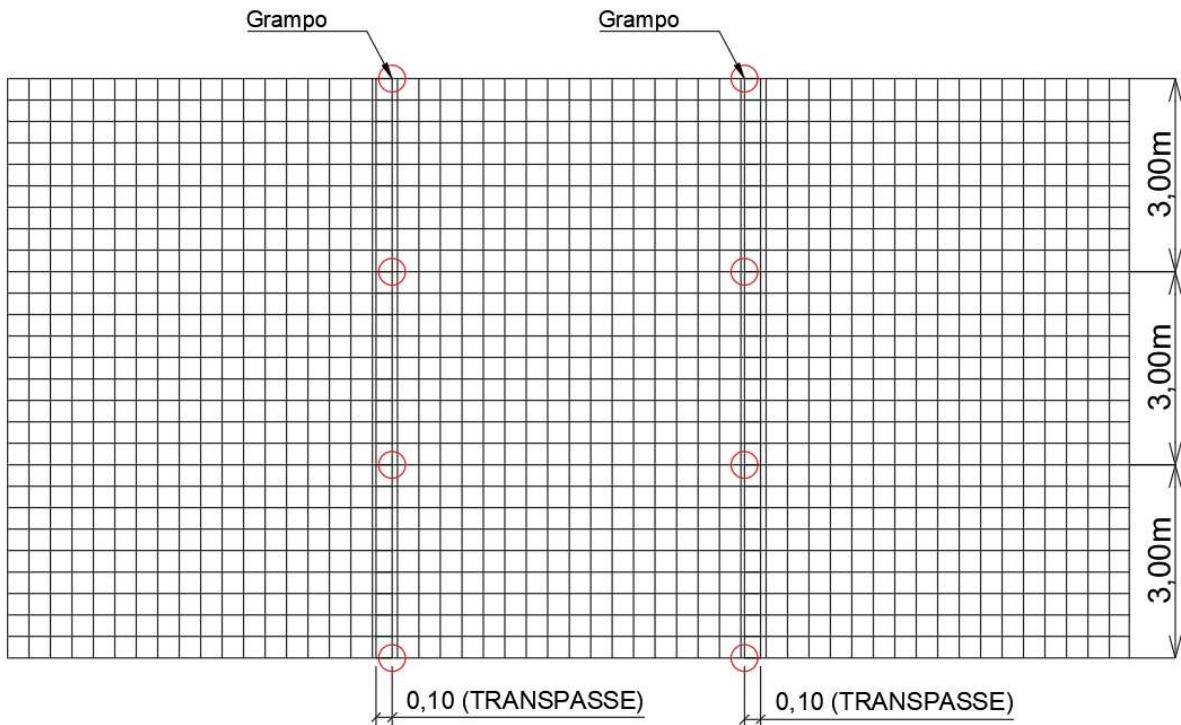
- 6.1. Todo o equipamento, antes do início da execução do serviço, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pela ARTERIS.
- 6.2. O equipamento básico para execução do colchão drenante de areia compreende as seguintes unidades:

- Caminhões basculantes;
- Pá-carregadeira;
- Trator de esteiras leve;

7. EXECUÇÃO

- A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.
- Limpeza, destocamento e regularização do terreno.
- Locação do eixo e limites das saias dos aterros.
- Quando não houver indicação em projeto, cabe a Arteris definir a largura e a espessura do colchão drenante a ser executado, sendo recomendável a adoção de espessura mínima de 40 cm.
- Instalação de uma camada de geotêxtil tecido de resistência nominal longitudinal e transversal de 50 kn/m, posteriormente deverá ser realizada a execução do colchão de areia (areia média à grossa com permeabilidade mínima de 5,0e-03 cm/s) e o envelopamento com geotêxtil não-tecido com gramatura de 300g/m².
- O espalhamento deve ser feito, a partir da “ponta de aterro”, pela atuação de trator de esteiras leve. A porção inicialmente espalhada deve conferir condições de sustentação ao próprio equipamento e às camadas subsequentes.
- O colchão drenante de areia não deve ser submetido a processo direto de compactação, salvo a ação do deslocamento do próprio equipamento de esteiras utilizado na distribuição.
- Lançamento e alinhamento dos painéis de geotêxtil de forma a garantir o transpasse mínimo de 10 cm e máximo de 30 cm, com junção de costura ou com aplicação de grampos

conforme item 5.1.3, a cada 3 metros conforme detalhe ou de acordo com as indicações em projeto.



TRANSPASSE PANEIS GEOTÊXTIL

8. MANEJO AMBIENTAL

Na execução dos colchões de areia adotam-se as recomendações de preservação ambiental descritas a seguir.

- O material somente é aceito após o executante apresentar licença ambiental, Certificado de Regularidade do Cadastro Técnico Federal do IBAMA e autorização de lavra da ANM para exploração do areal;
- A exploração do areal deve ser adequada de modo a minimizar os danos inevitáveis e possibilitar a recuperação ambiental, após retirada de todos os materiais e equipamentos;
- O material vegetal (Horizonte A) deve ser estocado previamente à execução do colchão drenante, seguindo as Diretrizes de Meio Ambiente de cadastro e formulário de regra de ouro, previsto no procedimento de Gestão de Resíduos Sólidos e dos Serviços de Saúde;

- Priorizar a conclusão célere do colchão drenante e executar medidas de contenção de sedimentos para evitar que a areia seja carreada para a calha de corpos hídricos, em especial em períodos chuvosos;
- Além destes procedimentos, devem ser atendidas, no que couber, as recomendações do Manual de Instruções Ambientais, procedimento Arteris e Normas DNIT, em especial 070/2006 e manual IPR 730.

9. CONTROLE DE QUALIDADE

Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos materiais em conformidade com esta especificação:

- Um ensaio de equivalente de areia, para cada 2.000 m³ de material aplicado.
- Um ensaio de Determinação do Coeficiente de Permeabilidade de acordo a norma ABNT-NBR 13292 a cada 2.000 m³, ou quando se observar variação do material, ou solicitação da supervisão.
- Apreciação visual das condições de espalhamento e desempeno da camada quando julgar necessário, a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

10. CONTROLE GEOMÉTRICO

- O controle geométrico é executado através de nivelamento do eixo e de no mínimo três pontos ao longo da seção transversal, dispostos a cada 10m, antes e depois do espalhamento, mantendo o eixo e limite das saias dos aterros.
- Opcionalmente, nos casos de suspeita quanto à ocorrência de deformação no terreno de fundação, devem ser efetuadas medidas das espessuras do colchão drenante, em orifícios executados ao longo do eixo e em pontos situados na seção transversal, à direita e à esquerda do eixo, com espaçamento de 10 m.
- As diferenças de cota em relação ao projeto, não podem ser superiores a 3 cm, para mais ou para menos.

- A largura da semi-plataforma prevista pode apresentar variação máxima de + 0,30 m, não se admitindo falta.

11. APÊNDICE – TABELA DE FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	MÉTODO DE ENSAIO
Pista	Equivalente de areia	1 ensaio a cada 2.000 m ² ou quando alterar o material	> 35%	ABNT NBR-12052
	Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante	1 ensaio a cada 2.000 m ² ou quando alterar o material	≥ 5,0E-03 ou de acordo com o projeto	ABNT-NBR 13292
Topografia	Espessura	a cada 20 metros de pista	X - ks > 95% da espessura de projeto	Trena / Topografia

Especificação Particular

ARTERIS ES 131 – TRATAMENTO ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS COM UTILIZAÇÃO DE GEOGRELHA

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução, aceitação e medição dos serviços de tratamento anti-reflexão de trincas com utilização de geogrelhas nas Rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Esta especificação trata-se de uma adaptação da seguinte norma:

- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER-SP – ET-DE-P00/043 – Tratamento Anti-reflexão de Trincas com Geossintético

Para o perfeito entendimento desta Especificação, devem ser consultados os seguintes documentos:

- ABINT – Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos. MANUAL BRASILEIRO DE GEOSSINTÉTICOS, 2004, São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2004. p. 295-319.
- ABNT. NBR 12824. Geotêxteis - Determinação da resistência à tração não-confinada - Ensaio de tração de faixa larga. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT. NBR 13359. Geotêxteis – determinação da resistência ao punctionamento estático – Ensaio com pistão tipo CBR. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT. NBR 14376. Emulsões Asfálticas – determinação do resíduo asfáltico por evaporação – método expedito. Rio de Janeiro, 1999
- ABNT. NBR 14393. Emulsões Asfálticas – determinação da peneiração. Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT. NBR 14491. Emulsões Asfálticas – determinação da viscosidade de Saybolt-Furol. Rio de Janeiro, 2004.

- ABNT. NBR 14855. Materiais betuminosos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2002
- ABNT. NBR 15086. Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2004
- ABNT. NBR 15184. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 6293. Materiais betuminosos - Determinação da ductibilidade. Rio de Janeiro, 2001
- ABNT. NBR 6297. Emulsões Asfálticas de ruptura lenta - determinação da ruptura – método da mistura com cimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. NBR 6299. Emulsões Asfálticas - determinação do Ph. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. NBR 6300. Emulsões Asfálticas - determinação da resistência à água (adesividade). Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT. NBR 6302. Emulsões asfálticas – determinação da ruptura – método de mistura com fíler silícico. Rio de Janeiro 2000.
- ABNT. NBR 6560 MB 164. Materiais betuminosos – determinação do ponto de amolecimento - método anel e bola. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT. NBR 6567 MB 563. Emulsões Asfálticas – determinação da carga da partícula. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. NBR 6568. Emulsões Asfálticas – determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. NBR 6569. Emulsões Asfálticas catiônicas – determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2000
- ABNT. NBR 6570 MB 722. Emulsões Asfálticas – determinação da sedimentação. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. NBR 6576. Materiais betuminosos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 1998.
- Task Force 25 Specifications for Paving Fabrics, January 13, 1985.
- VILCHEZ, Guillermo E. M. - CONTRIBUIÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE MÉTODO DE PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS UTILIZANDO GEOSSINTÉTICOS EM

SISTEMAS ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS. 2002. Tese (Doutorado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2002.

– WICKERT Fernando - FATORES DE INFLUÊNCIA NO COMPORTAMENTO DE CAMADAS ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS COM GEOSSINTÉTICOS. 2003. Tese (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2003.

3. DEFINIÇÃO

A utilização de geogrelhas como elemento anti-reflexão de trincas na restauração de pavimentos flexíveis consiste na aplicação de uma camada intermediária entre o pavimento antigo e o novo, melhorando o comportamento no que diz respeito à propagação das trincas. A geogrelha atua como elemento de reforço, aliviando as tensões na interface entre o pavimento antigo e o pavimento novo reduzindo as tensões cisalhantes e redistribuindo estas tensões.

4. CONDIÇÕES GERAIS

As condições do pavimento potencialmente interessantes para a consideração do uso de geogrelhas abrangem:

- a) pavimentos severamente trincados, apresentando trincas na superfície, com mais de 6cm de profundidade, suportando tráfego comercial significativo, caminhões e ônibus;
- b) pavimentos asfálticos que apresentam mau desempenho com relação ao acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas e cuja causa não está na instabilidade das camadas asfálticas existentes.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Materiais

Os materiais constituintes do tratamento anti-reflexão de trincas são as emulsões asfálticas de ruptura rápida que podem ser modificados ou não por polímeros e as geogrelhas poliméricas.

5.1.1. Geogrelhas

A malha deve ter abertura suficiente para permitir a acomodação dos agregados mais graúdos em seu interior, de forma a atender a relação $d / \phi_{\text{máx}}$ entre 2 e 10, onde “ d ” é a menor dimensão da abertura da malha da geogrelha e “ $\phi_{\text{máx}}$ ”, o diâmetro máximo de agregados da mistura asfáltica.

Na escolha da geogrelha deve ser considerada a aderência necessária entre a geogrelha e a camada de concreto asfáltico. Para melhorar a aderência, as geogrelhas podem ser revestidas com material betuminoso.

Todo fornecimento de geogrelha que chegar à obra deve vir acompanhado do certificado fornecido pelo fabricante, contendo os resultados dos ensaios realizados para o lote de fabricação.

As geogrelhas devem possuir as seguintes propriedades:

- a) resistência a tração $\geq 50 \text{ kN/m}$ para deformação $\leq 12\%$, conforme NBR 12824;
- b) resistência à fadiga $\geq 90\%$ de resistência retida após 100.000 ciclos carga/descarga;
- c) ponto de amolecimento $> 180^{\circ}\text{C}$.

5.1.2. Emulsões Asfálticas

Devem ser utilizadas emulsões asfálticas catiônicas, conforme disposto a seguir:

- a) ruptura rápida, tipos RR-1C e RR-2C;
- b) emulsões asfálticas modificadas por polímeros tipos SBS e SBR - RR1C-E, RR2C-E

As emulsões asfálticas e as emulsões modificadas por polímero devem atender aos requisitos especificados na Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012, e no documento ARTERIS EM 200 – Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação.

A utilização de outros tipos de ligantes asfálticos deve ser indicada em projeto ou pelo fabricante, devendo ser aprovada previamente pela fiscalização.

Todo o carregamento de emulsão asfáltica, modificada ou não por polímero, que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante ou distribuidor, o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação, ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

5.1.2.1. Taxa de Aplicação da Emulsão Asfáltica

Para que sejam obtidos os efeitos de absorção de tensões e aderência adequada da camada asfáltica de recapeamento, deve ser dada atenção especial à taxa de aplicação do ligante asfáltico, que deve ser suficiente para impregnação da manta bem como para a ligação com o revestimento antigo e o revestimento novo. A película de emulsão asfáltica deve ser suficiente para fazer a ligação entre o pavimento antigo, a geogrelha e o pavimento novo.

Para a instalação da geogrelha a taxa de aplicação de ligante asfáltico residual deve estar situada entre 0,4 l/m² e 0,6 l/m².

Poderão ser aceitas, pela fiscalização, taxas de aplicação distintas, desde que definidas em projeto ou por recomendação do fabricante, conforme as condições particulares de cada obra.

6. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris.

Os equipamentos básicos para a execução tratamento anti-reflexão com geogrelha compreende as seguintes unidades:

- a) depósitos de material asfáltico, com sistema completo, com bomba de circulação, e que permitam, quando necessário, aquecimento adequado e uniforme; devem ter capacidade compatível com o consumo da obra de no mínimo um dia de trabalho;
- b) caminhão distribuidor de emulsão asfáltica, com sistema de aquecimento, bomba de pressão regulável, barra de distribuição de circulação plena e dispositivos de regulagem

horizontal e vertical, bicos de distribuição calibrados para aspersão em leque, tacômetros, manômetros e termômetros de fácil leitura, e mangueira de operação manual para aspersão em lugares inacessíveis à barra; o equipamento espargidor deve possuir certificado de aferição atualizado que deve ser aprovado pela fiscalização da Arteris; a aferição deve ser renovada a cada quatro meses, como regra geral, ou a qualquer momento, caso a fiscalização julgue necessário; durante o decorrer da obra deve-se manter controle constante de todos os dispositivos do equipamento espargidor;

- c) equipamentos para desenrolar a geogrelha, conhecidos como pendurais;
- d) rolo de pneus autopropelido, de pressão regulável entre 0,25 MPa a 0,84 MPa, ou 2,5 kg/cm² a 8,8 kg/cm²;
- e) vassouras mecânicas ou manuais;
- f) compressor de ar com potência suficiente para promover, por jateamento, a perfeita limpeza da superfície;
- g) pá-carregadeira ou retroescavadeira.

Além dos equipamentos acima, podem ser utilizados outros equipamentos, desde que aceitos pela fiscalização.

7. EXECUÇÃO

- a) não é permitida a execução dos serviços durante dias de chuva ou quando houver o risco de chuva;
- b) a emulsão asfáltica não deve ser aplicada em superfícies molhadas;
- c) a aplicação do material asfáltico deve ser realizada com temperatura ambiente superior a 10 °C, e subindo;
- d) o início da execução do tratamento anti-reflexão de trincas está condicionado à aferição do equipamento espargidor de material asfáltico. Deve-se verificar o perfeito funcionamento dos bicos espargidores de modo a distribuir o material uniformemente, determinando a vazão da emulsão em função da velocidade do veículo, para assim atender à taxa de aplicação indicada;
- e) deve-se evitar a sedimentação das emulsões nos depósitos por meio de sua circulação periódica.

7.1. Preparo da Superfície

- a) antes da execução do tratamento anti-reflexão de trincas, devem ser corrigidos todos os defeitos da superfície que receberá a geogrelha, tais como panelas, depressões, deformações na trilha de rodas, escorregamentos etc.;
- b) antes do início das operações de execução, deve-se limpar a pista com o intuito de eliminar todas as partículas de pó, lamelas, material solto e tudo que possa prejudicar a boa ligação entre a geogrelha e as camadas do pavimento. Dependendo da natureza e do estado da superfície, devem ser utilizadas vassouras manuais ou mecânicas, bem como jatos de ar comprimido (procedimento obrigatório no caso de superfícies fresadas ou com grau de desagregação superficial elevado), de forma isolada ou conjunta, para propiciar a melhor limpeza possível à superfície;
- c) Trincas superiores a 3 mm devem ser seladas com material asfáltico após a limpeza.

7.2. Aplicação do ligante asfáltico (Pintura de ligação)

A superfície preparada para receber a geogrelha deve ser impregnada com emulsão asfáltica, com taxa de ligante asfáltico residual entre 0,4 e 0,5 l/m², ou conforme recomendação do fabricante/projeto. Em situações particulares como superfícies rugosas ou muito danificadas, deve-se aumentar os valores da taxa de aplicação.

A emulsão deve ser aplicada e levada à ruptura antes da aplicação da geogrelha e da camada de asfalto subsequente.

O tempo de ruptura, ou seja, cura da emulsão asfáltica, está diretamente relacionado com as condições climáticas, vento, umidade e temperatura local.

7.3. Aplicação da Geogrelha

A geogrelha deve ser desenrolada manualmente diretamente no local a ser posicionada ou por equipamentos que não ofereçam risco de danos ao material, sem dobras ou rugas.

A geogrelha deve ser cortada para se adequar a áreas com obstáculos ou descontinuidades, poços de visitas, caixa de drenagem e outros.

Para o bom resultado da instalação, é recomendável que a geogrelha não fique exposta ao tráfego até que esteja coberta pela nova camada de concreto asfáltico. Caso seja inevitável a abertura ao tráfego, deve-se verificar se o recobrimento asfáltico da grelha não foi perdido. Se o recobrimento estiver perdido, deve-se realizar uma segunda imprimação asfáltica.

Na direção longitudinal da geogrelha, as emendas entre mantas subsequentes devem apresentar sobreposição de 25 cm, levando-se em consideração a direção de aplicação do asfalto para evitar o levantamento da geogrelha neste ponto.

Na direção transversal da geogrelha, para as emendas entre mantas adjacentes é suficiente a sobreposição de 15 cm. Quando a sobreposição for maior que 15 cm, recomenda-se executar um rego com emulsão asfáltica, com a taxa mínima de emulsão.

7.4. Aplicação e Compactação do concreto asfáltico

A aplicação e compactação da camada de concreto asfáltico devem ser executadas normalmente, conforme preconiza a especificação Arteris ES 027 – Concreto Asfáltico.

A espessura mínima da camada de mistura asfáltica sobre a geogrelha é 4,5 cm.

Deve-se evitar que as juntas de pavimentação coincidam com as emendas da geogrelha.

Os equipamentos necessários na execução devem movimentar-se com cuidado sobre a geogrelha, para evitar movimentação desta. Igualmente devem ser evitadas freadas e mudanças bruscas de velocidade

8. CONTROLE DE QUALIDADE

8.1. Controle de Materiais

8.1.1. Emulsões Asfálticas

Para cada carregamento que chegar à obra, realizar:

- a) um ensaio de viscosidade de Saybolt-Furol, conforme NBR 14491;
- b) um ensaio de resíduo de destilação, conforme NBR 6568;
- c) um ensaio de peneiramento, conforme NBR 14393;

- d) um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570;

No caso de utilização de emulsões asfálticas modificadas, realizar, adicionalmente:

- a) um ensaio de recuperação elástica no resíduo da emulsão, conforme NBR 15086;
- b) um ensaio sobre o resíduo da emulsão: penetração conforme NBR 6576, e ponto de amolecimento conforme NBR 6560.

8.1.2. Geogrelha

Todo fornecimento de geogrelha que chegar à obra deve vir acompanhado do certificado de qualidade, fornecido por laboratório idôneo, que contenham os resultados dos ensaios realizados para o lote de fabricação, conforme as seguintes especificações:

- a) a relação entre a menor dimensão da abertura da malha d e o diâmetro máximo de agregados da mistura asfáltica \varnothing máx, atender à relação $d / \varnothing_{\text{máx}}$. No caso de malha retangular adotar d como sendo a menor dimensão da abertura;
- b) resistência à tração, conforme a NBR 12824;
- c) resistência à fadiga: resistência retida após 100.000 ciclos carga/descarga;
- d) ponto de amolecimento.

8.2. Controle de Execução

8.2.1. Aplicação do ligante asfáltico

- a) controle visual e aceitação da limpeza da superfície a ser aplicada o ligante asfáltico;
- b) controle visual da uniformidade da aplicação do ligante asfáltico;
- c) determinar, no mínimo, uma taxa de aplicação do ligante asfáltico para cada faixa de espargimento a cada 700 m² de aplicação, mediante a colocação de bandejas de peso e área conhecidos na pista onde está sendo feita a aplicação; obtém-se a quantidade de material asfáltico por intermédio de pesagens, após a passagem do carro distribuidor. Determinar a taxa de aplicação no asfalto residual, isto é, após a evaporação, e obtenção de peso constante da bandeja. A taxa de aplicação é determinada em l/m².

8.2.2. Aplicação da Geogrelha

- a) liberação para aplicação da geogrelha somente após a ruptura, ou seja, cura da emulsão asfáltica;
- b) controle visual da aplicação da geogrelha.

8.2.3. Controle Geométrico e de Acabamento

8.2.3.1. Largura e Alinhamento

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação nas diversas seções correspondentes às estacas. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

8.2.3.2. Acabamento

Verificar visualmente a homogeneidade da distribuição dos materiais: ligante asfáltico e geogrelha.

9. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais e execução, estabelecidas nesta especificação, e discriminadas a seguir:

9.1. Quantidade de ligante asfáltico

A quantidade total da taxa residual de aplicação do material asfáltico, quando determinada estaticamente pelo controle bilateral (amostragem igual ou superior a 4 determinações), deve estar compreendida no intervalo de $\pm 0,1 \text{ l/m}^2$ em relação à taxa de projeto.

O serviço poderá ser aceito caso

$$X_{\max} = X - KS \geq \text{Limite Inferior Especificado}$$

e

$$X_{\min} = X + KS \leq \text{Limite Superior Especificado}$$

Onde:

X = Média amostral

K = coeficiente bilateral tabelado em função do número de amostras

S = Desvio padrão amostral

N	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	100	∞
K	1,34	1,27	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	1,09	1,07	1,05	1,04	1,03	1,00	0,99	0,97	0,96	0,92	0,84

Caso não exista definição em projeto sobre a taxa de ligante residual, deve-se considerar as recomendações do fabricante ou os limites estabelecidos nesta norma.

9.2. Aplicação da geogrelha

A aplicação da geogrelha é considerada satisfatória pela fiscalização se as sobreposições estiverem dentro das dimensões recomendadas, e caso a largura da semi-plataforma não apresente valores inferiores aos previstos para a camada, onde os desvios verificados dos alinhamentos não devem exceder + 5 cm. Também será avaliada a homogeneidade da distribuição dos materiais: ligante asfáltico e geogrelha.

10. CONDICIONANTES AMBIENTAIS

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir, são apresentados os cuidados para proteção do meio ambiente e segurança a serem observados no decorrer da execução de tratamento anti-reflexão de trincas com geogrelhas.

10.1. Emulsão Asfáltica - Estocagem

A estocagem da emulsão asfáltica deve-se feita em local pré-estabelecido e controlado. Caso seja necessário a instalação de canteiro de obras, este deve ser cadastrado conforme a legislação vigente.

- a) os locais de estocagem e estacionamento de caminhões tanques devem ser afastados de cursos d'água, vegetação nativa ou áreas ocupadas;

- b) no local de estacionamento e manutenção dos caminhões tanques devem ser instalados dispositivos para retenção de pequenos vazamentos;
- c) os tanques de emulsão devem ser instalados dentro de tanques periféricos para retenção do produto em casos de vazamentos;
- d) manter em boas condições de operação todos os equipamentos do processo e de controle;
- e) a área de estocagem, estacionamento, manutenção de equipamentos deve ser recuperada ambientalmente quando da desmobilização das atividades.

10.2. Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

- a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;
- b) executar os serviços preferencialmente em dias secos, de modo a evitar o arraste da emulsão ou cimento asfáltico pelas águas da chuva para cursos de água;
- c) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- d) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;
- e) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;
- f) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;
- g) é proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado no tratamento anti-reflexão com geogrelha junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

Especificação Particular

ARTERIS ES 142 – SOLO MELHORADO COM CIMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de solo melhorado com cimento em obras rodoviárias das empresas do grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 5732 - Cimento Portland comum;
- ABNT NBR 5736 - Cimento Portland pozolânico;
- ABNT NBR 5739 - Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – procedimento;
- ABNT NBR 7182 - Solo – ensaio de compactação.
- ABNT NBR 9202 - Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura por meio da peneira 0,044mm (número 325);
- DNER-EM 036 - Cimento Portland - Recebimento e aceitação – Especificação de material.

Rio de Janeiro: IPR.

- DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 036: Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ, com o emprego do balão de borracha – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 049: Solos – Determinação do “Índice de suporte Califórnia” utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 052: Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com emprego do “Speedy” - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 080: Solos - Análise granulométrica por peneiramento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.

- DNER-ME 082: Solos – Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 088: Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 122: Solos – Determinação do limite de liquidez – Método de referência e método expedito – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 013-PRO: Requisitos para a qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 164/2013: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio
- NBR 5732 - Cimento Portland comum. Rio de Janeiro.
- NBR 5735 - Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro.
- NBR NM 76 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. Solo melhorado com cimento: Material proveniente de mistura de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, de forma a apresentar determinadas características de resistência e

durabilidade. O consumo usual de cimento está situado na faixa de 2 a 4%, em peso, em relação ao total da mistura.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1. Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação:

- a) Sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme normas de segurança para trabalhos em rodovias do grupo arteris;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental do grupo arteris;
- d) sem a aprovação prévia pela arteris, do projeto de dosagem;
- e) em dias de chuva.

4.2. Todo o carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado do fabricante/distribuidor com informações dos resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Norma, a data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo.

4.3. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. MATERIAIS

5.1.1. Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pela ARTERIS.

5.1.2. Cimento Portland

Deve obedecer às exigências da Norma DNER- EM 036/95, juntamente com as das Normas NBR-5732:1991 ou NBR 5735:1991.

5.1.3. Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela NBR 15900

5.1.4. Solo

5.1.4.1. Os solos empregados na execução solo melhorado com cimento devem apresentar as seguintes características:

- a) Condições granulométricas:

Peneiras		Faixas			
ASTM	mm	A	B	C	D
2"	50,8	100	100	-	-
1"	25,4	-	75 - 90	100	100
3/8"	9,5	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
Nº4	4,8	25 - 55	50 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº10	2,0	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
Nº40	0,42	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
Nº200	0,074	2 - 8	5 - 15	5 - 15	5 - 20

No caso de utilização do material em camadas de sub-base, admite-se a realização do controle granulométrico do solo apenas com a peneira nº200, onde a porcentagem máxima passante admissível é de 50%.

- b) O material empregado deve possuir trabalhabilidade adequada à realização das operações de construção da sub-base ou base;
- c) O material não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas;
- d) A fração que passa na peneira nº40 deve apresentar limite de liquidez $\leq 40\%$, e índice de plasticidade $\leq 18\%$.

5.1.5. Mistura solo, cimento e água

5.1.5.1. Define-se teor de cimento em massa, a relação entre a massa de cimento a ser aplicada e a massa de solo seco, multiplicado por 100.

5.1.5.2. A mistura deve ser deixada solta para curar, por um período mínimo de 72 horas, após o qual deve satisfazer às seguintes características quando submetidas aos ensaios indicados a seguir:

- a) Limite de liquidez $\leq 25\%$ (DNER-ME 122/94), para camada de base;

- b) Índice de plasticidade ≤ 6% (DNER-ME 082/94), para camada de base;
- c) Índice de Suporte Califórnia ISC mínimo de 80% e expansão máxima de 0,5%, para camada de base, obtidos de acordo com a energia de compactação do ensaio DNIT 164/2013- Método C.
- d) Índice de Suporte Califórnia ISC mínimo de 30% e expansão máxima de 1,0%, para camadas de sub-base, obtidos de acordo com a energia de compactação do ensaio DNIT 164/2013- Método B.

5.2. EQUIPAMENTOS

5.2.1. Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pela ARTERIS, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2. Para execução de base de solo melhorado com cimento são indicados os equipamentos seguintes:

- a) Caminhões basculantes;
- b) Carro-tanque distribuidor de água;
- c) Central de mistura de capacidade adequada à obra;
- d) Compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- e) Distribuidor de agregados autopropulsionado;
- f) Ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).
- g) Motoniveladora com escarificador;
- h) Pá-carregadeira;
- i) Pulvimisturador;
- j) Recicladora;
- k) Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático;
- l) Trator de esteiras ou pneumático;

5.3. EXECUÇÃO

5.3.1. A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.3.2. Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, é necessário a construção de um segmento experimental.

5.3.3. Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender o projeto de dosagem, valores e limites definidos nesta Especificação ou no projeto, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pela ARTERIS, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4. No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, este deve ser removido e reconstruído em condições de execução ajustadas, até que todos os parâmetros sejam satisfatórios.

5.3.5. Preparo da superfície

- a) A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo melhorado com cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.
- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

5.3.6. Extração dos materiais na jazida

- a) a(s) jazidas(s) indicada(s) no projeto deve(m) ser objeto de criterioso mapeamento, com vistas à seleção de materiais que atendam às características especificadas;
- b) durante a operação de carga, devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a contaminação por materiais estranhos.

5.3.7. Transporte e distribuição do solo

- a) não é permitido o transporte do material para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento;
- b) os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas sobre a pista, com adequado espaçamento;
- c) o espalhamento é efetuado mediante atuação da motoniveladora;
- d) a definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deve ser obtida a partir da criteriosa observação no Segmento Experimental;

- e) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,25 m, no máximo. Espessuras superiores podem ser executadas mediante a execução de pistas experimentais aprovadas pela ARTERIS.

5.3.8. Mistura em central

A central deve possuir os seguintes itens:

- a) silos: para cimento e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- b) correia transportadora: que transportem os solos e o cimento, na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- c) misturador: constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos dotados de pás tipo pug-mill que rodam em sentido contrário, providos de chapa metálica em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, jogam os materiais contra as paredes, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento;
- d) reservatórios de água e canalizações que permitam aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade ótimo previsto;
- e) equipamento de carga de caminhões constituído de um silo, abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura. Este dispositivo é utilizado quando não é possível deixar o misturador na altura adequada, para que o carregamento se faça por gravidade.

5.3.8.1. os materiais que integram a mistura devem estar dispostos em silos de armazenamento, devidamente identificados e sem nenhuma presença de agentes contaminantes, devendo ser previamente prevista, a eficiência de abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção;

5.3.8.2. a usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura dos materiais;

5.3.8.3. o grau de pulverização exigido é de 70%, no mínimo;

5.3.8.4. a mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, de forma a fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subsequentes.

5.3.8.5. Após a realização de todas as operações necessárias ao preparo da mistura, deve ser realizado o transporte da mistura já pronta para a pista, onde deve ser enleirada e deixada curar por 72 horas.

5.3.9. Mistura na pista:

5.3.9.1. Distribuição do cimento

- a) concluído o espalhamento e a conformação do colchão de solo, o cimento deve ser distribuído uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado pela dosagem, por processo manual ou mecânico;
- b) quando se empregar a distribuição em sacos, estes devem ser dispostos de modo a assegurar uniformidade na distribuição. Os sacos são contados, anotados, e em seguida distribuídos com rodos de madeira. Quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico, o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização. É sempre preferível a distribuição mecânica do cimento;
- c) Imediatamente após a distribuição do cimento, é procedida a mistura deste com o solo, pela ação da recicladora, que simultaneamente promove a devida pulverização, umidificação e homogeneização; A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar completa, uniforme e íntima mistura do solo com o cimento, até que seja conseguida tonalidade uniforme em toda a espessura.
- d) o grau de pulverização especificado é de, no mínimo, 70%.
- e) concluída a mistura, para camada de base, o teor de umidade deve estar compreendido na faixa de -2,0% a +1,0% em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação, com a energia adotada em projeto;
- f) concluída a mistura, para camada de sub-base, o teor de umidade deve estar compreendido na faixa de ±2,0% em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação, com a energia adotada em projeto;
- g) A mistura deve ser enleirada e deixada curar por 72 horas.

5.3.10. Conformação, compactação e acabamento

- a) Após a cura, o material é distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora. A variação do teor de umidade admitido para o material para início da compactação é de -2 pontos percentuais a +1 ponto percentual da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade esteja abaixo do limite mínimo especificado, deve ser procedido o umedecimento da camada através de caminhão-tanque distribuidor de água, seguido da homogeneização pela atuação de grade de discos e motoniveladora. Se o teor de umidade de campo exceder ao limite superior especificado, deve-se aerar o material mediante ação conjunta da grade de discos e da motoniveladora, para que o material atinja o intervalo da umidade especificada. Concluída a correção e homogeneização da umidade, o material deve ser conformado de maneira a se obter a espessura especificada após a compactação.
- b) é vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;
- c) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,25 m, no máximo. Espessuras superiores podem ser executadas mediante a execução de pistas experimentais aprovadas pela ARTERIS;
- d) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da conformação;
- e) normalmente, a compactação de solos arenosos ou pouco argilosos é feita com o emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão regulável. Já a compactação de solos com fração argila mais significativa, deve ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e concluída com rolos vibratórios corrugados e de pneumáticos de pressão regulável;
- f) a compressão é executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- g) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- h) Nas partes adjacentes ao início e ao fim da base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, o eixo;

- i) Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for recomendável, tais como cabeceira de pontes e viadutos, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios portáteis ou sapos mecânicos;
- j) após a conclusão da compactação, é feito o acerto da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da camada é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;
- k) a compactação e o acabamento final são obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável;
- l) o grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura;
- m) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;

5.3.11. Juntas de construção

- a) as juntas de construção transversais devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento;
- b) juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a camada de solo melhorado com cimento em toda a largura da pista, em uma única etapa.

5.3.12. Proteção da camada

- a) a camada acabada deverá ser protegida contra a perda de umidade. No caso da execução de camadas de base, deverá ser aplicada uma pintura de cura constituída por emulsão asfáltica tipo RR-2C a uma taxa de emulsão de 0,6l/m². No caso da execução de camadas de sub-base, poderá ser realizada, opcionalmente, a proteção da camada contra a perda de umidade utilizando o material da camada de base da estrutura, em uma espessura de 5 centímetros. Neste caso, a contratada deverá realizar a verificação e manutenção diária da granulometria e umidade ótima desta camada (em relação ao projeto de dosagem) durante todo o período de cura da camada de sub-base, podendo aproveitar esta pequena camada para compor a base do pavimento. Caso contrário, esta pequena

camada deverá ser removida após o período de cura, anteriormente ao início da execução da camada de base.

- b) a razão de diluição e a taxa de aplicação do ligante devem ser definidas na obra, na ocasião do Segmento Experimental, objetivando-se a formação de uma película impermeável e homogênea;
- c) o emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização.

5.3.13. Liberação ao tráfego

- a) A base de solo melhorado com cimento não deve ser submetida à ação do tráfego durante XXXX horas/dias. A extensão máxima a ser executada deve ser aquela para a qual pode ser efetuado de imediato o espalhamento do material da camada seguinte, de forma que a base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade. no caso de travessias e acessos, deve ser aplicada uma proteção com camada de solo com, pelo menos, 0,15 m de espessura.

6. MANEJO AMBIENTAL

- 6.1. Para execução de solo melhorado com cimento, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de cimento e solos.
- 6.2. Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a exploração de jazidas e a execução de trabalhos na pista.
- 6.3. Exploração de jazidas de solos e usinagem (se prevista).

6.3.1. No decorrer do processo de obtenção de solos nas jazidas devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a exploração da (s) jazida (s) somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;

- b) exigir a documentação atestando a regularidade das instalações da jazida e usina (se prevista no processo executivo), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da jazida e usina em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da jazida de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) tomar todas as precauções para que o manuseio e armazenamento do cimento sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.
- f) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- g) construir junto à jazida/usina bacias de retenção e sistemas de drenagem, evitando o carreamento da parte fina dos solos para cursos d'água.

6.4. Execução na pista

6.4.1. Os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos e ao manuseio do cimento (se prevista a mistura na pista).

6.4.2. Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências à drenagem natural.

6.4.3. As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até os cursos d'água.

6.4.4. No caso de execução pelo processo de mistura na pista, tomar todas as precauções para que o manuseio do cimento e sua incorporação sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

- 7.1. Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.

7.2. As quantidades de ensaios para controle de execução se referem às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério da ARTERIS, ser ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3. O controle de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios relacionados nos Quadros 1 a 3, para mistura na pista, e 4 a 6, para mistura em usina, a seguir apresentados:

7.3.1. Mistura na pista

Quadro 1 - Cimento Portland	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 2 – Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de granulometria

Quadro 3 - Controle de Execução na pista (continua...)	
Quantidade	Descrição do Ensaio
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
Para cada 100 metros de extensão de faixa:	
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade o processo de cura aplicado
Para cada 1000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez a cada 2 dias trabalhados:	
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação), para o caso de distribuição do cimento a granel

Nota: Para qualquer tipo de Camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (ARTERIS-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 20 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.

7.3.2. Mistura em usina

Quadro 4 - Cimento Portland	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 5 - Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de granulometria

Quadro 6 - Controle de Execução na pista	
Quantidade	Descrição do Ensaio
Para cada 500 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado (na usina):	
1	Determinação do teor de umidade da mistura, na saída do misturador
Para cada 500 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
Para cada 100 metros de extensão de faixa:	
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, imediatamente antes da compactação
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado
Para cada 1000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação)

Para cada 3000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada:	
1	Aferição racional da usina
Nota: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 20 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.	

8. CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE

- 8.1. Compete a ARTERIS a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.
- 8.2. O controle qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7.
- 8.3. Compete exclusivamente a ARTERIS efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:
- 8.3.1. Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100 m, pelo nivelamento do eixo e dos bordos.
- 8.3.2. Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.
- 8.4. Verificação da proteção à cura e acabamento
- a) cabe à Fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura;
 - b) as condições de acabamento da superfície são apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais, exigindo-se maior rigor em função da posição relativa da camada na estrutura (base ou sub-base).

9. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1. Aceitação dos materiais

- 9.1.1. O cimento utilizado é aceito desde que obedeça ao especificado na correspondente especificação da ABNT e apresente índice de finura satisfatório.

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

9.1.2. Os solos utilizados são aceitos desde que se apresentem satisfatórios face às exigências desta especificação, em termos de trabalhabilidade, isenção de partículas moles, matéria orgânica ou impurezas nocivas, atendendo ainda aos requisitos previstos para granulometria, para amostras individuais.

9.2. Aceitação da execução

9.2.1. Os valores individuais dos graus de pulverização obtidos devem atender ao especificado para o tipo de mistura empregado.

9.2.2. Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.4.1, devem ser iguais ou superiores a 100%.

9.2.3. O teor de cimento da mistura aplicada deve situar-se, para cada segmento executado, a faixa de $\pm 0,5\%$ em relação ao valor de projeto. A média aritmética obtida não deve, no entanto, ser inferior ao teor de projeto.

9.2.4. A eficiência do processo de proteção, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.

9.2.5. Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (Do), da camada após sete dias de cura, a cada 20 m de faixa alternada e 40 m de mesma faixa, através da viga Benkelman (DNER ME 024) ou FWD, *Falling Weight Deflectometer* (DNER PRO 273), a deflexão característica deve ser \leq ao projeto.

9.3. Aceitação do controle geométrico

9.3.1. Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) a largura da plataforma não deve ser menor do que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}}$$

N ≥ 9 (nº de determinações efetuadas)

- • a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- • não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 0,02$ m em relação à espessura de projeto;
- • em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de solo melhorado com cimento com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- • em caso de aceitação de camada de solo melhorado com cimento, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- • as condições de acabamento, apreciadas pela ARTERIS em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.

9.4. Condições de conformidade e não conformidade

9.4.1. Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos:

Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;

$X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade;

Sendo:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}}$$

Onde:

x_i – valores individuais;

X – média da amostra;

s – desvio padrão;

k – adotado o valor 1,25;

n – número de determinações, no mínimo 9.

- a) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;

Se $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

- b) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X + ks > \text{valor máximo especificado}$: não conformidade;

Se $X + ks \leq \text{valor máximo especificado}$: conformidade.

9.4.2. Os serviços só são aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.4.3. Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.4.4. Qualquer serviço só é aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

Especificação Particular

ARTERIS ES 143 – SOLO - CIMENTO

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de solo-cimento em obras rodoviárias das empresas do grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ABNT NBR 5732 - Cimento Portland comum;
- ABNT NBR 5736 - Cimento Portland pozolânico;
- ABNT NBR 5739 - Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – procedimento;
- ABNT NBR 7182 - Solo – ensaio de compactação.
- ABNT NBR 9202 - Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura por meio da peneira 0,044mm (número 325);
- ARTERIS ES 19 - pavimentos flexíveis – imprimação
- ARTERIS ES 20 - pavimentos flexíveis – pintura de ligação
- DNER-EM 036 - Cimento Portland - Recebimento e aceitação – Especificação de material.

Rio de Janeiro: IPR.

- DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 036: Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ, com o emprego do balão de borracha – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 052: Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com emprego do “Speedy” - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 080: Solos - Análise granulométrica por peneiramento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.

- DNER-ME 082: Solos – Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 088: Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 122: Solos – Determinação do limite de liquidez – Método de referência e método expedito – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 129: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 201: Solo-cimento – Compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 202: Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-ME 216: Solo-cimento - Determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 013-PRO: Requisitos para a qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- NBR 5732 - Cimento Portland comum. Rio de Janeiro.
- NBR 5735 - Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro.
- NBR NM 76 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1. **Solo-cimento:** Material proveniente de mistura de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, de forma a apresentar determinadas características de resistência e durabilidade.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1. Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação:

- a) Sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme normas de segurança para trabalhos em rodovias do grupo arteris;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental do grupo arteris;
- d) sem a aprovação prévia pela arteris, do projeto de dosagem;
- e) em dias de chuva.

4.2. Todo o carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado do fabricante/distribuidor com informações dos resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Norma, a data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo.

4.3. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. MATERIAIS

5.1.1. Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pela ARTERIS.

5.1.2. Cimento Portland

Deve obedecer às exigências da Norma DNER- EM 036/95, juntamente com as das Normas NBR-5732:1991 ou NBR 5735:1991.

Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 510 - 12º andar - Vila Nova Conceição – São Paulo/SP – Brasil – CEP 04543-906 | +55 11 3074-2404

5.1.3. Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela NBR 15900

5.1.4. Solo

5.1.4.1. Os solos empregados na execução solo-cimento devem apresentar as seguintes características:

- a) Condições granulométricas:

Peneiras		Porcentagem passante	Faixa de trabalho
ASTM	mm		
2 ½ "	63,0	100	-
Nº4	4,8	50 – 100	± 5
Nº40	0,42	15 - 100	± 2
Nº200	0,074	5 - 35	± 2

- b) O material empregado deve possuir trabalhabilidade adequada à realização das operações de construção da sub-base ou base;
- c) O material não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas;
- d) A fração que passa na peneira nº40 deve apresentar limite de liquidez $\leq 40\%$, e índice de plasticidade $\leq 18\%$.

5.2. EQUIPAMENTOS

5.2.1. Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pela ARTERIS, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2. Para execução de base de solo-cimento são indicados os equipamentos seguintes:

- a) Caminhões basculantes;
- b) Carro-tanque distribuidor de água;
- c) Central de mistura de capacidade adequada à obra;
- d) Compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- e) Distribuidor de agregados autopropulsionado;
- f) Ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

- g) Motoniveladora com escarificador;
- h) Pá-carregadeira;
- i) Pulvimisturador;
- j) Recicladora;
- k) Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático;
- l) Trator de esteiras ou pneumático;

5.3. EXECUÇÃO

5.3.1. A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.3.2. Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, é necessário a construção de um segmento experimental.

5.3.3. Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender o projeto de dosagem, e os valores e limites definidos nesta Especificação ou no projeto, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pela ARTERIS, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4. No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, este deve ser removido e reconstruído em condições de execução ajustadas, até que todos os parâmetros sejam satisfatórios.

5.3.5. Preparo da superfície

- a) A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo-cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais;
- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura;
- c) O trecho, para receber a mistura de solo-cimento, deve estar preparado no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal, conforme fixados no projeto.

5.3.6. Extração dos materiais na jazida

- a) a(s) jazidas(s) indicada(s) no projeto deve(m) ser objeto de criterioso mapeamento, com vistas à seleção de materiais que atendam às características especificadas;

- b) durante a operação de carga, devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a contaminação por materiais estranhos.

5.3.7. Transporte e distribuição do solo

- a) não é permitido o transporte do material para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento;
- b) os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas sobre a pista, com adequado espaçamento;
- c) o espalhamento é efetuado mediante atuação da motoniveladora;
- d) a definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deve ser obtida a partir da criteriosa observação no Segmento Experimental;
- e) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,25 m, no máximo. Espessuras superiores podem ser executadas mediante a execução de pistas experimentais aprovadas pela ARTERIS.

5.3.8. Mistura em central

A central deve possuir os seguintes itens:

- a) silos: para cimento e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- b) correia transportadora: que transportem os solos e o cimento, na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- c) misturador: constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos dotados de pás tipo pug-mill que rodam em sentido contrário, providos de chapa metálica em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, jogam os materiais contra as paredes, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento;
- d) reservatórios de água e canalizações que permitam aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade ótimo previsto;

e) equipamento de carga de caminhões constituído de um silo, abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura. Este dispositivo é utilizado quando não é possível deixar o misturador na altura adequada, para que o carregamento se faça por gravidade.

5.3.8.1. Os materiais que integram a mistura devem estar dispostos em silos de armazenamento, devidamente identificados e sem nenhuma presença de agentes contaminantes, devendo ser previamente prevista, a eficiência de abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção;

5.3.8.2. A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura dos materiais;

5.3.8.3. O grau de pulverização exigido é de 80%, no mínimo;

5.3.8.4. Após a realização de todas as operações necessárias ao preparo da mistura, deve ser realizado o transporte da mistura já pronta para a pista. O transporte da mistura pronta deve ser feito em caminhões basculantes ou outro veículo apropriado, tomindo-se precaução para que não haja perda de umidade;

5.3.8.5. O tempo decorrido entre a mistura pronta na central e o início da compactação não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério do projeto, comprovado por ensaios, seja verificada a inexistência de inconveniente na adoção de tempo maior.

5.3.9. Mistura na pista:

A realização de mistura em pista deverá ocorrer apenas em caráter excepcional, quando o volume de material a ser aplicado for inferior a 50m³.

5.3.9.1. Distribuição do cimento

a) Regularizado o solo pulverizado, de modo a apresentar aproximadamente a seção transversal projetada, o cimento Portland, nas quantidades especificadas, deve ser distribuído uniformemente na superfície. Essa operação pode ser realizada pela distribuição dos sacos transversal e longitudinalmente, assegurando posterior espalhamento uniforme do cimento na superfície do solo, na área correspondente a cada subtrecho, ou a granel, por processo mecânico;

- b) Nenhum equipamento, exceto o usado para o espalhamento e mistura, pode trafegar sobre o cimento espalhado antes de ser misturado ao solo;
- c) Imediatamente após a distribuição do cimento, é procedida a mistura deste com o solo, pela ação da recicladora, que simultaneamente promove a devida pulverização, umidificação e homogeneização; a mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar completa, uniforme e íntima mistura do solo com o cimento, até que seja conseguida tonalidade uniforme em toda a espessura.
- d) Em seguida, a mistura deve ser nivelada, obedecendo aproximadamente ao greide e à seção transversal do projeto.;
- e) Quando se empregar a distribuição em sacos, estes devem ser dispostos de modo a assegurar uniformidade na distribuição. Os sacos são contados, anotados, e em seguida distribuídos com rodos de madeira. Quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico, o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização. É sempre preferível a distribuição mecânica do cimento;
- f) O grau de pulverização especificado é de, no mínimo, 80%;
- g) Concluída a mistura, o teor de umidade deve estar compreendido na faixa de -2,0% a +1,0% em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação, com a energia adotada em projeto.

5.3.10. Conformação, compactação e acabamento

- a) é vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;
- b) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,25 m, no máximo. Espessuras superiores podem ser executadas mediante a execução de pistas experimentais aprovadas pela ARTERIS;
- c) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da conformação;
- d) A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos que assegurem a obtenção da massa específica aparente seca máxima indicada, em toda a espessura da camada compactada;

- e) A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos pode, também, ser feita com o emprego de rolos lisos;
- f) A compressão é executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- g) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- h) Nas partes adjacentes ao início e ao fim da base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, o eixo.
- i) Durante as operações finais de compactação devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, ou ligeiramente acima, sendo permitidas adições de água, se preciso for, e nova homogeneização com equipamento adequado deve ser realizada;
- j) Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for recomendável, tais como cabeceira de pontes e viadutos, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios portáteis ou sapos mecânicos;
- k) Após a conclusão da compactação, é feito o acerto da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da camada é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;
- l) O grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura;
- m) Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;
- n) O tempo decorrido entre a homogeneização da mistura e acabamento final da camada não deve exceder a 3 horas;
- o) A mistura de solo-cimento deve apresentar o valor mínimo de 21 kg/cm^2 , ou $0,21 \text{ MPa}$ para a resistência à compressão aos 7 (sete) dias (DNER-ME 201/94), em corpos-de-prova moldados segundo o prescrito no método DNER- ME 202/94. O valor da resistência à compressão referido é um valor mínimo, devendo ser obtido, na dosagem ou no projeto, um valor médio que conduza àquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada.

5.3.11. Juntas de construção

- a) as juntas de construção transversais devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento.
- b) juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a camada de solo-cimento em toda a largura da pista, em uma única etapa.

5.3.12. Proteção da camada

- a) a camada acabada deverá ser protegida contra a perda de umidade. No caso da execução de camadas de base, deverá ser aplicada uma pintura de cura constituída por emulsão asfáltica tipo RR-2C a uma taxa de emulsão de 0,6l/m². No caso da execução de camadas de sub-base, poderá ser realizada, opcionalmente, a proteção da camada contra a perca de umidade utilizando o material da camada de base da estrutura, em uma espessura de 5 centímetros. Neste caso, a contratada deverá realizar a verificação e manutenção diária da granulometria e umidade ótima desta camada (em relação ao projeto de dosagem) durante todo o período de cura da camada de sub-base, podendo aproveitar esta pequena camada para compor a base do pavimento. Caso contrário, esta pequena camada deverá ser removida após o período de cura, anteriormente ao início da execução da camada de base;
- b) a razão de diluição e a taxa de aplicação do ligante devem ser definidas na obra, na ocasião do Segmento Experimental, objetivando-se a formação de uma película impermeável e homogênea;
- c) o emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização.

5.3.13. Liberação ao tráfego

- a) A base de solo-cimento não deve ser submetida à ação do tráfego. A extensão máxima a ser executada deve ser aquela para a qual pode ser efetuado de imediato o espalhamento do material da camada seguinte, de forma que a base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade. no caso de travessias e acessos,

deve ser aplicada uma proteção com camada de solo com, pelo menos, 0,15 m de espessura;

- b) Os trechos terminados podem ser abertos ao tráfego, transcorrido o período de sete dias de cura, e uma vez verificado que a superfície endureceu suficientemente.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1. Para execução de solo-cimento, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de cimento e solos;

6.2. Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a exploração de jazidas e a execução de trabalhos na pista.

6.3. Exploração de jazidas de solos e usinagem (se prevista)

6.3.1. No decorrer do processo de obtenção de solos nas jazidas devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a exploração da (s) jazida (s) somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) exigir a documentação atestando a regularidade das instalações da jazida e usina (se prevista no processo executivo), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da jazida e usina em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da jazida de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) tomar todas as precauções para que o manuseio e armazenamento do cimento sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.
- f) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- g) construir junto à jazida/usina bacias de retenção e sistemas de drenagem, evitando o carreamento da parte fina dos solos para cursos d'água.

6.4. Execução na pista

- 6.4.1. Os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos e ao manuseio do cimento (se prevista a mistura na pista).
- 6.4.2. Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências à drenagem natural.
- 6.4.3. As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até os cursos d'água.
- 6.4.4. No caso de execução pelo processo de mistura na pista, tomar todas as precauções para que o manuseio do cimento e sua incorporação sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

- 7.1. Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.
- 7.2. As quantidades de ensaios para controle de execução se referem às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério da ARTERIS, ser ampliados para garantia da qualidade da obra.
- 7.3. O controle de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios relacionados nos Quadros 1 a 3, para mistura na pista, e 4 a 6, para mistura em usina, a seguir apresentados:

7.3.1. Mistura na pista

Quadro 1 - Cimento Portland	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 2 – Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de granulometria

Quadro 3 - Controle de Execução na pista	
Quantidade	Descrição do Ensaio
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
Para cada 100 metros de extensão de faixa:	
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação
Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
1	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade o processo de cura aplicado
Para cada 1000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez a cada 2 dias trabalhados:	
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação), para o caso de distribuição do cimento a granel
Nota: Para qualquer tipo de Camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (ARTERIS-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 20 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada. Medir as deflexões após 7 dias de cura.	

7.3.2. Mistura em usina

Quadro 4 - Cimento Portland	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 5 - Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	

1	Ensaio de granulometria
---	-------------------------

Quadro 6 - Controle de Execução na pista	
Quantidade	Descrição do Ensaio
	Para cada 500 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado (na usina):
1	Determinação do teor de umidade da mistura, na saída do misturador
	Para cada 500 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
	Para cada 100 metros de extensão de faixa:
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
	Para cada 100 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, imediatamente antes da compactação
	Para cada 300 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:
1	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
1	Controle dos tempos despendidos para a execução das seguintes atividades: mistura com cimento: tempo total decorrido desde incorporação do cimento à mistura na central até o início da compactação. compactação e acabamento: tempo decorrido desde o início da compactação até o final das operações de acabamento.
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado
	Para cada 1000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação)
	Para cada 3000 m ³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada:
1	Aferição racional da usina

Nota: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 20 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.

8. CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE

- 8.1. Compete a ARTERIS a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.
- 8.2. O controle qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7.

8.3. Compete exclusivamente a ARTERIS efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

8.3.1. Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100 m, pelo nivelamento do eixo e dos bordos.

8.3.2. Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.

8.4. Verificação da proteção à cura e acabamento

- a) cabe à Fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura;
- b) as condições de acabamento da superfície são apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais, exigindo-se maior rigor em função da posição relativa da camada na estrutura (base ou sub-base).

9. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1. Aceitação dos materiais

9.1.1. O cimento utilizado é aceito desde que obedeça ao especificado na correspondente especificação da ABNT e apresente índice de finura satisfatório.

9.1.2. Os solos utilizados são aceitos desde que se apresentem satisfatórios face às exigências desta especificação, em termos de trabalhabilidade, isenção de partículas moles, matéria orgânica ou impurezas nocivas, atendendo ainda aos requisitos previstos para granulometria, para amostras individuais.

9.2. Aceitação da execução

9.2.1. Os valores individuais dos graus de pulverização obtidos devem atender ao especificado para o tipo de mistura empregado.

9.2.2. Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.4.1, devem ser iguais ou superiores a 100%.

9.2.3. O teor de cimento da mistura aplicada deve situar-se, para cada segmento executado, a faixa de $\pm 0,5\%$ em relação ao valor de projeto. A média aritmética obtida não deve, no entanto, ser inferior ao teor de projeto.

9.2.4. A resistência à compressão simples, aos sete dias de idade, seja no mínimo igual à adotada no projeto de mistura, para valores determinados estatisticamente.

9.2.5. A eficiência do processo de proteção, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.

9.2.6. Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0), da camada após sete dias de cura, a cada 20 m de faixa alternada e 40 m de mesma faixa, através da viga Benkelman (DNER ME 024) ou FWD, Falling Weight Deflectometer (DNER PRO 273), a deflexão característica deve ser \leq ao projeto.

9.3. Aceitação do controle geométrico

9.3.1. Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) a largura da plataforma não deve ser menor do que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}}$$

$N \geq 9$ (nº de determinações efetuadas)

- • a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- • não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 0,02$ m em relação à espessura de projeto;
- • em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de solo-cimento com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).

- • em caso de aceitação de camada de solo-cimento, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- • as condições de acabamento, apreciadas pela ARTERIS em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.

9.4. Condições de conformidade e não conformidade

9.4.1. Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos:

Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;

$X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade;

Sendo:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}}$$

Onde:

x_i – valores individuais;

X – média da amostra;

s – desvio padrão;

k – adotado o valor 1,25;

n – número de determinações, no mínimo 9.

- a) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;

Se $X - ks \geq$ valor mínimo especificado: conformidade.

- b) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X + ks >$ valor máximo especificado: não conformidade;

Se $X + ks \leq$ valor máximo especificado: conformidade.

9.4.2. Os serviços só são aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.4.3. Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço só é aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

Especificação Particular

ARTERIS ES 150 – TRATAMENTOS SUPERFICIAIS: SIMPLES, DUPLO E TRIPLO

1. RESUMO

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de Tratamentos Superficiais Asfálticos à Frio e à Quente, com emulsões convencionais ou modificadas por polímeros, ou com Cimentos Asfálticos de Petróleo modificados por polímeros ou por borracha de pneus. São indicados como revestimentos da pista de rolamento e/ou acostamentos, em pavimentos novos ou em recapeamentos, ou como SAM – Stress-Absorbing Membrane (Camada Intermediária de Absorção de Tensões), em obras de restauração de pavimentos. São definidos os requisitos técnicos concernentes a materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA. DEINFRA-SC-ES-P-12-16: TRATAMENTOS SUPERFICIAIS ASFÁLTICOS POR PENETRAÇÃO A QUENTE. Florianópolis: DEINFRA-SC, 2016.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA. DEINFRA-SC-ES-P-08-16: TRATAMENTOS SUPERFICIAIS ASFÁLTICOS POR PENETRAÇÃO A FRIO. Florianópolis: DEINFRA-SC, 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNT 146/2012 - ES: Pavimentação Asfáltica - Tratamento Superficial Simples. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2012.

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNT 147/2012 - ES: Pavimentação Asfáltica - Tratamento Superficial Duplo. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2012
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNT 148/2012 - ES: Pavimentação Asfáltica - Tratamento Superficial Triplo. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2012
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. ET-DE-P00/021: TRATAMENTOS SUPERFICIAIS. São Paulo: DER-SP, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12583. Agregado graúdo – verificação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12584. Agregado miúdo – verificação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12052. Solo ou agregado miúdo - determinação do equivalente de areia - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16504. Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria - método da mancha de areia. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 51:2000. Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 2001.
- ARTERIS D-4791. Partículas chatas, alongadas ou chatas e alongadas no agregado graúdo.
- ARTERIS T-104. Sanidade dos agregados pelo uso do sulfato de sódio ou magnésio.
- ARTERIS T-330. Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno.
- ARTERIS T 27. Análise granulométrica de agregados finos e graúdos.
- ARTERIS T-308. Determinação da quantidade de ligante asfáltico em misturas asfálticas a quente (MAQ) pelo método da combustão.
- ARTERIS EM 200. Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma, devem ser adotadas as seguintes definições:

Tratamento Superficial por Penetração Invertida - Um Tratamento Superficial por Penetração Invertida consiste em aplicar o material asfáltico sobre a superfície subjacente e, em seguida, distribuir o agregado e comprimi-lo, de modo a fazer com que o material asfáltico, ao refluir, recubra, parcialmente, as partículas do agregado, fixando-os à estrutura do pavimento.

Tratamento Superficial por Penetração Direta - Um tratamento asfáltico por penetração direta, consiste em distribuir e comprimir, inicialmente, o agregado e, em seguida, aplicar o material asfáltico, que assim penetrará de cima para baixo.

Tratamento Superficial Simples – São os tratamentos executados através da aplicação de apenas uma camada, constituída por uma aplicação de material asfáltico e uma aplicação de agregado. São camadas de desgaste, portanto, não devem ser consideradas parte da estrutura do pavimento, quando do dimensionamento.

Tratamento Superficial Duplo - São os tratamentos executados através da aplicação de duas camadas superpostas, cada uma constituída por uma aplicação de material asfáltico e uma aplicação de agregado. São camadas de desgaste, portanto, não devem ser consideradas parte da estrutura do pavimento, quando do dimensionamento.

Tratamento Superficial Triplo - São os tratamentos executados através da aplicação de três camadas superpostas, cada uma constituída por uma aplicação de material asfáltico e uma aplicação de agregado. O Tratamento Superficial Triplo à frio consiste na execução de um Tratamento Superficial Duplo com Capa Selante. São camadas de desgaste, portanto, não devem ser consideradas parte da estrutura do pavimento, quando do dimensionamento.

Tratamento Superficial à Frio – São os tratamentos executados com utilização de emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, modificadas por polímero tipo SBS.

Tratamento Superficial à Quente – São os tratamentos executados com utilização de Cimento Asfáltico de Petróleo Modificados por Polímeros Elastoméricos, bem como Cimento Asfáltico de Petróleo modificado com Borracha.

Capa Selante – Trata-se de um Tratamento Asfáltico Superficial Simples a Frio, por Penetração Invertida, aplicado sobre revestimentos asfálticos, a fim de melhorar as condições de impermeabilização da estrutura do pavimento. Tem também a função de rejuvenescer a superfície de pavimentos antigos, desgastada pela ação do tráfego e das intempéries.

4. MATERIAIS

4.1. Materiais Asfálticos

Para a execução de Tratamentos Superficiais à Frio, deve ser utilizado o seguinte material:

- Emulsão Asfáltica do tipo RR - 2C – E

Para a execução de Tratamentos Superficiais à Quente, podem ser utilizados os seguintes materiais:

- Cimento Asfáltico de Petróleo tipo 60/85-E ou 65/90-E;
- Cimento Asfáltico de Petróleo modificado por Borracha, tipo AB 22;
- Cimento Asfáltico de Petróleo 50/70 (apenas para o pré-envolvimento dos agregados).

Anteriormente à realização dos serviços em pista, deverão ser realizados todos os ensaios para recebimento do CAP no canteiro de obras. Os serviços só poderão ser iniciados se os resultados de todos os ensaios estiverem de acordo com as especificações preconizadas pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, e em conformidade com as exigências da especificação ARTERIS EM 200 – FORNECIMENTO DE LIGANTES ASFÁLTICOS PARA SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO.

Caso seja constatada a utilização de ligantes asfálticos sem análise prévia ao descarregamento no tanque da usina, ou fora dos padrões de qualidade estabelecidos pela ANP e previstos nas especificações particulares da Arteris, os serviços serão rejeitados, e deverão ser refeitos sem ônus para Arteris, considerando inclusive a recomposição da sinalização horizontal existente (pinturas e tachas).

4.2. Agregados

Os agregados devem ser constituídos por rocha sã britada, apresentando fragmentos duros, limpos e duráveis, livre de partículas lamelares ou alongadas e de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

- Ao menos 95% em peso dos fragmentos retidos na peneira nº 4, devem apresentar uma ou mais faces resultantes de fratura;
- Valor de perda máxima de 12% quando submetido ao ensaio de durabilidade com sulfato de sódio (MÉTODO ARTERIS T-104);
- Valor máximo de 30% no ensaio de desgaste ou Abrasão "Los Angeles" (MÉTODO ABNT-NM 51:2000);
- Valor inferior a 20% no ensaio de Índice de Forma, na relação 3:1 (MÉTODO ARTERIS D-4791);
- Valor para o equivalente de areia (MÉTODO ABNT-NBR 12052), superior a 60%;
- Valor máximo de 6 mg/g para o ensaio de Adsorção de Azul de Metileno (MÉTODO ARTERIS T-330);
- Para tratamentos à quente, deve apresentar um valor máximo de um por cento (1,0%) passando na peneira de 0,074 mm (nº 200), em peneiramento efetuado por lavagem do agregado;
- Para tratamentos simples à frio, deve apresentar um valor máximo de meio por cento (0,5%) passando na peneira de 0,074 mm (nº 200), em peneiramento efetuado por lavagem do agregado;
- Valor satisfatório de adesividade (MÉTODOS ABNT-NBR 12583 e ABNT-NBR 12584). Caso contrário, deve-se empregar melhorador de adesividade;
- No caso da necessidade de utilização de melhorador de adesividade ("Dope"), este deverá ser adquirido separadamente e incorporado ao Ligante Asfáltico no canteiro de obras. Em hipótese alguma será admitida a aquisição de Ligante Asfáltico com melhorador de adesividade já incorporado.

5. COMPOSIÇÃO - DOSAGEM

A composição dos Tratamentos Asfálticos Superficiais, por penetração, deverá ser efetuada em laboratório seguindo o método do Engenheiro Johannes Larsen e atender, ainda, as seguintes condições quanto a graduação:

- a) A faixa granulométrica dos agregados deverá atender às seguintes condições:

i. Em cada camada, a granulometria dos agregados deve ser o mais uniforme possível, ou seja, os agregados devem tender a um só tamanho. Os agregados, assim considerados, são definidos pela relação: d/D

onde:

- d – (tamanho mínimo efetivo) é o tamanho, em milímetros, obtido a partir da curva granulométrica, que corresponde a 15% em peso de material passante na peneira correspondente;
- D – (tamanho máximo efetivo) é o tamanho, em milímetros, obtido a partir da curva granulométrica, que corresponde a 90% em peso de material passante na peneira correspondente;

A relação d/D deverá ser maior ou igual a 0,65.

- b) Objetivando o melhor travamento entre as camadas, nos tratamentos superficiais múltiplos, o tamanho relativo do agregado nas várias camadas deverá ser escolhido de forma tal que o tamanho médio $[(D+d)/2]$ do agregado de cada camada seja aproximadamente a metade do correspondente tamanho médio da camada imediatamente inferior.

Atendendo as condições estabelecidas acima, deverão ser utilizadas as faixas granulométricas indicadas nos itens a seguir:

5.1. Tratamentos Superficiais Asfálticos à Frio

5.1.1. Tratamento Superficial Simples à Frio

Peneira		Porcentagem passando, em peso	
ASTM	mm	Faixas	
		1F	2F
1/2	12,7	100	100
3/8	9,52	85-100	100
Nº4	4,75	10-30	85-100
Nº10	2,00	0-10	10-40
Nº200	0,075	0-0,5	0-0,5

Taxas de aplicação usuais	
CAP Residual	Agregado Pétreo
0,8 l/m ² - 1,2 l/m ²	8,0 kg/m ² - 12,0 kg/m ²

Caso seja observada, durante a realização dos serviços, baixa coesão na camada, o projeto de dosagem deverá ser readequado. Se a readequação do projeto não solucionar o problema, deverá ser realizada, obrigatoriamente, a aplicação de capa selante sobre o tratamento.

5.1.2. Tratamento Superficial Duplo à Frio

Peneira		Porcentagem passando, em peso			
ASTM	mm	Faixas			
		4F		5F	
		1ª Camada	2ª Camada	1ª Camada	2ª Camada
1	25,4	100	-	100	-
3/4	19,1	85-100	-	95-100	-
1/2	12,7	0-25	100	20-40	100
3/8	9,52	0-5	85-100	0-10	95-100
1/4	6,35	-	0-25	-	-
Nº4	4,75	-	0-5	0-5	0-20
Nº10	2,00	-	-	-	0-5
Nº200	0,075	0-1	0-1	0-1	0-1

Taxas de aplicação usuais		
Camada	CAP Residual	Agregado Pétreo
1ª	1,2 l/m ² - 1,8 l/m ²	20,0 kg/m ² - 25,0 kg/m ²
2ª	0,8 l/m ² - 1,2 l/m ²	10,0 kg/m ² - 12,0 kg/m ²

5.1.3. Tratamento Superficial Triplo à Frio

O Tratamento Superficial Triplo à frio consiste na execução de um Tratamento Superficial Duplo à Frio com posterior aplicação de Capa Selante.

5.1.3.1. Capa Selante

Peneira		Porcentagem passando, em peso
ASTM	mm	Faixa
		3
1/4	6,35	100
Nº4	4,75	90-100
Nº8	2,4	0-35
Nº16	1,2	0-2

Taxas de aplicação usuais		
CAP Residual		Agregado Pétreo
0,5 l/m ² - 1,0 l/m ²		4,0 kg/m ² - 8,0 kg/m ²

5.2. Tratamentos Superficiais Asfálticos à Quente

5.2.1. Tratamento Superficial Simples à Quente

Peneira		Porcentagem passando, em peso		
ASTM	mm	Faixas		
		1Q	2Q	3Q
3/4	19,1	-	-	100
1/2	12,7	100	100	0-25
3/8	9,52	0-20	85-100	0-5
1/4	6,35	0-5	0-25	-
Nº4	4,75	-	0-5	-
Nº200	0,075	0-1	0-1	0-1

Taxas de aplicação usuais		
Faixa	CAP	Agregado Pétreo
1-2	0,8 l/m ² - 1,5 l/m ²	8,0 kg/m ² - 16,0 kg/m ²
3	1,2 l/m ² - 1,8 l/m ²	12,0 kg/m ² - 18,0 kg/m ²

5.2.2. Tratamento Superficial Duplo à Quente

Peneira		Porcentagem passando, em peso			
ASTM	mm	Faixas			
		4Q		5Q	
		1ª Camada	2ª Camada	1ª Camada	2ª Camada
1	25,4	100	-	100	-
3/4	19,1	85-100	-	95-100	-
1/2	12,7	0-25	100	20-40	100
3/8	9,52	0-5	85-100	0-10	95-100
1/4	6,35	-	0-25	-	-
Nº4	4,75	-	0-5	0-5	0-20
Nº10	2,00	-	-	-	0-5
Nº200	0,075	0-1	0-1	0-1	0-1

Taxas de aplicação usuais		
Camada	CAP	Agregado Pétreo
1ª	1,2 l/m ² - 1,8 l/m ²	20,0 kg/m ² - 25,0 kg/m ²
2ª	0,8 l/m ² - 1,2 l/m ²	10,0 kg/m ² - 12,0 kg/m ²

5.2.3. Pré-envolvimento dos agregados

Deverá ser realizado, obrigatoriamente, o pré-envolvimento dos agregados com Cimento Asfáltico de Petróleo. Este pré-envolvimento tem por objetivo diminuir a influência do material pulvurulento, presente no agregado, e melhorar a característica de adesividade entre o agregado e o Cimento Asfáltico de Petróleo. Sua execução deverá ser realizada em usina de Concreto Asfáltico Usinado a Quente. A taxa do ligante deverá estar compreendida entre 0,3% e 0,9%, em peso, do agregado.

6. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

- Depósitos para materiais asfálticos, com capacidade de, no mínimo, 30 ton. No caso da execução de tratamento à quente, deverá ser capaz de aquecer o ligante nas temperaturas especificadas e de evitar superaquecimento localizado. Todas as tubulações e acessórios deverão ter diâmetro mínimo de 75 mm e devem ser dotados de isolamento térmico a fim de evitar perdas de calor. A bomba de recalque deverá ter potência mínima de 15 HP. Devem possuir agitadores e sistema de recirculação mecânicos, de forma a garantir a circulação e homogeneidade, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador durante todo o período de operação;
- Depósitos de agregados localizadas em locais secos e ao abrigo de chuva, poeira ou qualquer tipo de material particulado originário do tráfego de vias próximas. Os agregados deverão ser estocados de forma a se evitar a mistura entre eles, bem como evitar quaisquer contaminações;
- Usina para misturas asfálticas à quente, próxima à obra, para o pré-envolvimento dos agregados;
- Peneiras classificadoras móveis para a classificação dos agregados;
- Vassouras mecânicas rotativas e vassouras manuais;
- Compressor de ar;
- Carregadeira de pneus;
- Caminhões basculantes;

- Caminhão irrigador com bomba;
- Caminhão multi-funcional de espalhamento simultâneo, com as seguintes características mínimas:
 - Silos para agregados;
 - Depósitos para materiais asfálticos. No caso de tratamentos à quente, deve conter equipamentos agitadores e sistema de aquecimento do ligante;
 - Barra espargidora que permita distribuir o ligante asfáltico em quantidade e temperatura uniformes. No caso de tratamentos à quente, a barra deverá permitir a distribuição do ligante asfáltico em temperaturas superiores à 180°C; e
 - Distribuidores de agregados com regulagem de altura e inclinação.
- Vassouras de arrasto ou dispositivos similares, para a correção de possíveis falhas na distribuição dos agregados;
- Rolo pneumático de pressão variável, que permita a calibragem dos pneus entre 35 a 120 psi;
- Rolo liso metálico tipo tandem, com uma carga superior a 25kg e inferior a 45kg por centímetro de largura de roda, com peso total inferior a 10 toneladas; e
- Ferramentas manuais e equipamentos acessórios.

Nota: Caso não haja disponibilidade do caminhão multi-funcional, a depender da urgência e relevância da obra, a Arteris poderá aprovar, excepcionalmente, a utilização dos seguintes equipamentos para realização do espalhamento do ligante e dos agregados:

- Tratamentos à frio: Equipamento espargidor de material asfáltico, equipado com bomba reguladora de pressão e sistema de aquecimento na barra e na bomba, que permitam aplicar os ligantes em quantidades e temperaturas uniformes. As barras de distribuição devem ser de circulação plena, com dispositivos de regulagem horizontal e vertical, bicos de distribuição calibrados para aspersão em leque, medidor de volume ou peso, tacômetros, manômetros e termômetros de fácil leitura, e mangueira de operação manual;
- Tratamentos à quente: Equipamento espargidor de material asfáltico, autopropelido, com sistema computadorizado de controle da taxa de aplicação, equipado com bomba reguladora de pressão e sistema de aquecimento na barra e na bomba, que permitam aplicar os

ligantes em quantidades e temperaturas uniformes independentemente da velocidade de deslocamento. A barra espargidora deverá ser com circulação de óleo térmico.

- Distribuidor de agregados automotriz, capaz de proporcionar distribuição homogênea dos agregados, nas quantidades especificadas no projeto.

7. EXECUÇÃO

- a) A execução de serviços de tratamentos superficiais por penetração não será permitida com tempo chuvoso, ou com o risco de chuva. A temperatura ambiente, determinada à sombra e longe de aquecimento artificial, deverá ser de:
 - i. Para tratamentos à frio: no mínimo, 17° C, e estar em ascensão;
 - ii. Para tratamentos à quente: no mínimo 10° C, e estar em ascensão.
- b) No caso da aplicação do tratamento em faixas de rolamento, deverá ser observada a probabilidade de ocorrência de chuvas no dia seguinte à realização dos serviços. Caso a probabilidade de ocorrência de chuva para o dia seguinte à aplicação do tratamento seja alta, a aplicação deverá ser suspensa e reprogramada.
- c) O início dos serviços somente será autorizado quando todos os equipamentos necessários à sua execução estiverem em condições de uso.
- d) A superfície que irá receber a camada de tratamento superficial deverá apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais
- e) A utilização de materiais asfálticos diferentes, em um mesmo tanque espargidor, só poderá ser feita depois do esgotamento e limpeza, do ligante utilizado, a fim de evitar misturas prejudiciais ao serviço.
- f) Os tratamentos superficiais não poderão ser executados sobre superfícies úmidas.
- g) O esquema de espargimento adotado deverá proporcionar recobrimento triplo em toda a largura da camada. Especial atenção deverá ser conferida às regiões anexas ao eixo e bordos, de forma a conferir o devido recobrimento e evitar, nesses locais, a falta ou o excesso de ligante. Eventuais excessos ou falta de material deverão ser imediatamente corrigidos. Essa operação deverá ser realizada em uma única passada do equipamento espargidor, obedecidas as seguintes indicações:

- i. Quando a superfície da camada a revestir se apresentar muito desgastada e/ou oxidada, a critério da Fiscalização, a taxa de aplicação do ligante asfáltico da primeira camada poderá ser acrescida em até 0,5 l/m². Essa taxa não deverá ser deduzida da quantidade prevista em projeto, no caso de tratamentos múltiplos.
- ii. A diluição de Emulsão Asfáltica, em água, deverá ser feita para uso imediato, não se admitindo a estocagem desse produto.
- h) A aplicação do Cimento Asfáltico de Petróleo (tratamento à quente) deverá ser realizada na quantidade certa, de maneira uniforme e na temperatura compatível com o seu tipo, conforme indicado no projeto da mistura, em função da relação temperatura – viscosidade:
 - i. Para CAP modificado por polímero, deverá ser determinada em função da relação temperatura – viscosidade Brookfield, definida pelo fabricante e determinada conforme NBR 15.184.
 - ii. Para CAP modificado com borracha de pneus, deverá ser determinada, em função da relação temperatura – viscosidade Brookfield, conforme NBR 15.529, salvo orientação contrária e justificada pelo fabricante.
 - i) A operação de espalhamento dos agregados é feita, imediatamente depois do espargimento do material asfáltico, no caminhão multi-funcional. Caso se utilize outro equipamento distribuidor, esse deverá ser capaz de proporcionar distribuição homogênea e adequada. Permite-se, ainda, o uso de outros equipamentos de espalhamento, na execução de áreas onde o uso desse equipamento não for praticável, devendo esses proporcionarem a obtenção dos resultados especificados.

Nota: No caso da não utilização de caminhão multi-funcional é importante executar as etapas com a maior rapidez possível, para aproveitar a temperatura e viscosidade do ligante aquecido. A extensão do ligante aplicado deverá ficar condicionada à capacidade de cobertura imediata com agregado.

- j) Os agregados deverão ser uniformemente espalhados na taxa determinada, verificando-se cuidadosamente a homogeneidade de espalhamento e promovendo-se a correção de falhas eventuais, tanto de falta quanto de excesso de material. Deverá ser evitada a aplicação em excesso já que sua correção é mais difícil do que a adição de material

faltante. Pequenas correções de ligante e agregados poderão ser necessárias, caso sejam constatadas falhas durante as inspeções visuais efetuadas em cada aplicação.

k) Na execução das juntas deverão ser obedecidas as seguintes indicações:

- i. Não deverá haver coincidência entre as juntas transversais de duas camadas sucessivas, devendo-se prever uma defasagem de, pelo menos, dois metros entre elas.
- ii. Para evitar excesso de ligante na junta transversal, será colocada sobre a superfície da camada anterior uma faixa de papel adequado, com largura mínima de 0,80 metros.
- iii. Deverá ser evitada a coincidência das juntas longitudinais, para cada aplicação do ligante.
 - l) O tráfego não será permitido quando da aplicação do material asfáltico ou dos agregados
 - m) No caso da não utilização do equipamento multi-funcional, se ocorrer necessária paralização, súbita e imprevista, do equipamento distribuidor de agregados, o agregado poderá ser espalhado manualmente na superfície já coberta com material asfáltico, procedendo-se a compressão o mais rápido possível.
 - n) A compressão dos agregados deverá ser feita imediatamente depois do espalhamento dos materiais, com rolo pneumático de pressão variável, com número de coberturas apenas suficiente para proporcionar a perfeita acomodação do agregado, sem causar danos à superfície a revestir.
 - o) A compressão da camada deverá ser executada no sentido longitudinal, iniciando no lado mais baixo da seção transversal e progredindo no sentido do lado mais alto. Em cada passada, o equipamento deverá recobrir, no mínimo, a metade da largura da faixa anteriormente comprimida, com os cuidados necessários para evitar deslocamentos e esmagamentos do agregado e contaminações prejudiciais. Nos locais inacessíveis aos rolos compactadores, como cabeceiras de obra de arte etc., a compactação deve ser executada com compactadores portáteis, manuais ou mecânico.
 - p) Depois da execução, objetivando a conformação final da superfície, a última camada deverá ser rolada com uma só passada, com sobreposição, com rolo Tandem, desde que este não esteja promovendo a quebra ou esmagamento excessivo do agregado.
 - q) Depois da rolagem deve ser iniciada a varrição com vassoura mecânica, retirando o excesso de agregado que não está aderido ao ligante.
 - r) Para tratamentos múltiplos, as operações de aplicação e compressão dos ligantes e agregados serão repetidas com as recomendações e cuidados já descritos.

- s) No caso de tratamentos à frio, após decorrido um período de 24 a 48 horas após a execução dos serviços, dependendo das condições climáticas, a última camada deverá ser rolada com uma só passada, com sobreposição, com rolo Tandem, objetivando a conformação final da superfície. A liberação ao tráfego usuário, somente poderá ser feita depois da realização desta etapa e após a finalização de todo o processo de varrição, e quando for comprovada a resistência ao arrancamento do agregado, que deve ocorrer, geralmente, entre 24 e 48 horas. Depois dessa liberação o trânsito deverá ser controlado nas 24 horas seguintes com velocidade máxima de 50 km/h.
- t) No caso de tratamentos à quente, depois de finalizado todo o processo de varrição, o trecho recém construído deverá ser liberado ao tráfego por uma hora, com o controle da velocidade máxima em 60 km/h. Passado esse período o segmento deverá ser novamente fechado ao tráfego, para a varrição final e liberação definitiva ao usuário.

Anteriormente ao início dos serviços, deverá ser executado um Trecho Experimental, objetivando avaliar o desempenho da camada, obedecidas as seguintes condições:

- Deverá ter uma área de, no mínimo, 1500 m².
- Para o início da experimentação, deverão ser adotados os parâmetros estabelecidos no projeto de dosagem, objetivando permitir uma perfeita execução dos serviços.
- Deverão ser verificados:
 - A calibragem do equipamento espargidor;
 - As taxas de aplicação dos agregados e ligantes;
 - O travamento da (s) camada(s);
 - A perda de agregados.

Notas:

- a) Caso se comprove a aceitação dos serviços, através a verificação do atendimento das condições dessa especificação e do projeto de dosagem, deverá ser elaborado um Relatório de Trecho Experimental, com as indicações necessárias a serem obedecidas em toda a fase de execução dos serviços de Tratamentos Superficiais Asfálticos.
- b) Caso se comprove a não aceitação dos serviços por desempenho insatisfatório, resultante do mau travamento, cobertura asfáltica insuficiente, perda significativa de agregados, de uma ou mais camadas, quantidade de ligante asfáltico e aos limites especificados nos

ensaios, a camada deverá ser removida e executado um novo Trecho Experimental. Se for necessário, o projeto de dosagem poderá ser readequado.

- c) No caso de não aceitação dos serviços por motivos, tais como: taxas de aplicação, granulometria e espessura deverão ser promovidos os ajustes necessários, através de nova calibração e/ou projeto de dosagem, não será necessária a remoção da camada. Nesse caso será executada uma nova camada sobre a pista experimental.

8. CONTROLE

8.1. Controle Tecnológico

8.1.1. Materiais

8.1.1.1. Materiais Asfálticos

- i. Para recebimento e aceitação, os Ligantes Asfálticos deverão ser avaliados de acordo com a especificação Arteris EM-200 - FORNECIMENTO DE LIGANTES ASFÁLTICOS PARA SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO.
- ii. Para cada nova carga que chegar ao canteiro de obras, deverá ser realizado um ensaio de adesividade com os agregados (MÉTODOS ABNT-NBR 12583 e ABNT-NBR 12584).

8.1.1.2. Agregados

- i. Deverá ser realizada, diariamente, uma inspeção à britagem e aos depósitos, de forma a se verificar se os agregados se apresentam secos, limpos e isentos de quaisquer contaminações prejudiciais.
- ii. Caso seja constatada alguma alteração mineralógica (visual) na bancada da pedreira em exploração, deverão ser executados imediatamente os seguintes ensaios:
 - a) Abrasão Los Angeles (MÉTODO ABNT-NBR 6465);
 - b) Adesividade (MÉTODOS ABNT-NBR 12583 e ABNT-NBR 12584);
 - c) Equivalente de areia (MÉTODO ABNT-NBR 12052).
- iii. Deverão ser realizados, semanalmente, dois ensaios de granulometria lavada (ARTERIS T 27) para cada tipo de agregado, com materiais coletados na pilha, para constatação da regularidade da britagem.

iv. Deverá ser realizado, no mínimo, um ensaio de granulometria lavada para cada tipo de agregado, por dia de trabalho. O ensaio deverá ser realizado anteriormente à realização do pré-envolvimento no caso de tratamentos superficiais à quente. A granulometria deverá estar dentro da faixa de trabalho definida em projeto, de acordo com as tolerâncias definidas na tabela abaixo:

Peneira		Tolerâncias das faixas de projeto
ASTM	mm	
3/4	19,1	7%
1/2	12,7	5%
3/8	9,52	5%
1/4	6,35	5%
Nº4	4,75	3%
Nº10	2,00	3%
Nº200	0,075	0%

v. Deverá ser realizado, no mínimo, um ensaio de Índice de Forma (3:1) por dia de trabalho (MÉTODO ARTERIS D-4791);

No caso de não atendimento aos itens ‘i’ e/ou ‘ii’, os trabalhos deverão ser suspensos, e uma nova fonte de agregados deverá ser adotada. Neste caso, será necessário o refazimento do projeto de dosagem. No caso de não atendimento aos itens ‘iii’, ‘iv’ e/ou ‘v’, os trabalhos deverão ser suspensos até que sejam tomadas as providencias necessárias para regularização da central de britagem.

8.1.2. Execução

8.1.2.1. Equipamento

Diariamente, antes do início da aplicação da camada em pista, deverá ser realizada a verificação de conformidade dos equipamentos distribuidores de materiais, observando-se:

- i. O perfeito funcionamento da barra e dos bicos espargidores;
- ii. O perfeito funcionamento da caixa distribuidora de agregados.

Esta verificação deverá ser realizada no canteiro de obras, sobre lonas impermeáveis. A verificação deverá ser realizada inicialmente para a barra e bicos espargidores, com bloqueio da caixa de agregados, e posteriormente para a caixa de agregados, onde deverá ser bloqueada a distribuição do ligante.

8.1.2.2. Aplicação do material

- i. Diariamente, antes da execução dos serviços, deverão ser calibradas as taxas de aplicação do ligante e dos agregados. Esta calibração deverá ser realizada sobre lonas impermeáveis com no mínimo 5 metros de extensão, onde deverão ser calibrados individualmente as taxas de aplicação do ligante e dos agregados.
- ii. Deverá ser realizada, no mínimo, uma determinação da taxa de agregados para cada faixa de espalhamento, considerando uma extensão máxima de 1000 metros. O controle deve ser feito colocando-se na pista recipientes de peso e áreas conhecidos. Por simples pesadas, antes e após a passagem do distribuidor de agregados, ter-se-á a quantidade de material realmente espalhado. Os serviços serão aceitos se a taxa de aplicação individual dos agregados se encontrar no intervalo de $\pm 15,0\%$ em relação às taxas definidas em projeto, e se a média geral dos resultados se encontrar no intervalo de $\pm 10,0\%$ em relação às taxas definidas em projeto.
- iii. Deverá ser realizada, no mínimo, três determinações da taxa de ligante asfáltico para cada faixa de espalhamento, considerando uma extensão máxima de 1000 metros. O controle deve ser feito colocando-se na pista recipientes de peso e áreas conhecidos. Os recipientes deverão ser distribuídos transversalmente em diferentes posições, com o intuito de se verificar a homogeneidade da vazão dos bicos e da taxa de aplicação. Por simples pesadas, antes e após a passagem do distribuidor de ligante asfáltico, ter-se-á a quantidade de material realmente espalhado. Os serviços serão aceitos se a taxa de aplicação individual do ligante asfáltico se encontrar no intervalo de $\pm 15,0\%$ em relação às taxas definidas em projeto, e se a média geral dos resultados se encontrar no intervalo de $\pm 10,0\%$ em relação às taxas definidas em projeto.

Nota: No caso de utilização de caminhão multi-funcional, que aplica simultaneamente o ligante asfáltico e o agregado, deverá ser coletada uma amostra, através do método da bandeja, em cada camada, para determinação da taxa de aplicação do agregado e do ligante asfáltico, bem como para verificação da granulometria. Deverá ser efetuada a extração do ligante asfáltico através do procedimento ARTERIS T-308 (Método B). Os serviços serão aceitos se a taxas de aplicação e a granulometria dos agregados estiverem dentro da faixa de trabalho definida em projeto, com as tolerâncias, dessa última, estabelecidas na tabela do item “8.3.1.2.iv”. A taxa de aplicação do ligante asfáltico e dos agregados deverá seguir o disposto nos itens “8.3.2.2.ii” e “8.3.2.2.iii”.

Em caso de não atendimento aos itens “8.3.2.2.ii” e “8.3.2.2.iii”, a Fiscalização determinará a conclusão da camada e a execução sobre toda a plataforma, para evitar a ocorrência de degraus, com ônus exclusivo da Contratada, de uma camada de Tratamento Superficial Simples com taxa de ligante compreendida:

- Entre 120% e 150% do projeto, quando a variação da taxa de ligante asfáltico for superior ao limite mínimo ou a variação da taxa de agregado for superior ao limite máximo;
- Entre 50% e 80% do projeto, quando a variação da taxa de ligante asfáltico for superior ao limite máximo ou a variação da taxa de agregado for superior ao limite mínimo.

8.1.2.3. Controle Geométrico

8.1.2.3.1. Largura

Não serão admitidos valores inferiores aos determinados em projeto. Em caso de não atendimento, a solução a adotar será a execução de uma nova camada, na largura prevista, com ônus exclusivo da Contratada, considerando inclusive a recomposição da sinalização horizontal existente.

8.1.2.4. Acabamento

O acabamento da superfície será apreciado visualmente, a critério da Fiscalização, pela observação das condições de desempenamento da camada, da qualidade das juntas executadas, que deverá ser julgado satisfatório, e inexistência de marcas decorrentes da má distribuição e/ou compressão inadequada. Não serão aceitos serviços onde a superfície pavimentada se apresentar heterogênea, com estrias, exsudação aparente e qualquer outra patologia que comprometa a qualidade do pavimento.

O Índice de Regularidade Internacional – IRI, quando o Tratamento Superficial for utilizado como camada de rolamento, deverá ser inferior a 1,9 m/km.

Deverá ser medida a macrotextura da camada através o ensaio de mancha de areia (MÉTODO ABNT-NBR 16504), a cada 100m, em cada faixa de rolamento, na posição correspondente as futuras trilhas de roda. A altura de mancha de areia deve ser no mínimo de 0,6 mm.

Especificação Particular

ARTERIS EM 200 – FORNECIMENTO DE LIGANTES ASFÁLTICOS PARA SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

1. ESCOPO

Esta especificação particular estabelece os requisitos para o recebimento de Ligantes Asfálticos para utilização nos serviços de pavimentação a serem realizados em todas as Concessionárias do grupo ARTERIS.

2. ESPECIFICAÇÕES E ENSAIOS

Todos os Ligantes Asfálticos devem atender às especificações preconizadas pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os procedimentos descritos a seguir são necessários para a perfeita aplicação desta especificação particular.

Procedimentos Nacionais	Procedimentos Internacionais
NBR 11341	ASTM D2872
NBR 14855	ASTM D113
NBR 14950	ASTM D2042
NBR 15086	ASTM D244
NBR 15166	ASTM D2872
NBR 15184	ASTM D36
NBR 15529	ASTM D4402
NBR 6293	ASTM D5
NBR 6560	ASTM D6930
NBR 6576	ASTM D6933
NBR 14883	ASTM D6934
	ASTM D6936
	ASTM D92
	ASTM E 102
	NLT 329

3. MATERIAIS

Esta especificação particular se aplica para o recebimento de Emulsões Asfálticas e Cimentos Asfálticos de Petróleo (com ou sem modificação por polímeros elastoméricos ou por pó de borracha).

4. PROGRAMAÇÃO DE FORNECIMENTO DO LIGANTE

A programação e diligenciamento do fornecimento do ligante deverão ser feitos pela CONTRATADA junto ao fornecedor indicado pela ARTERIS.

5. LIBERAÇÃO DE PEDIDO À FORNECEDORA

A quantidade programada deve ser coerente com o cronograma de previsão mensal de execução dos serviços aprovados pela CONTRATANTE.

A ARTERIS fará mensalmente um balanço de todos os tipos de ligantes fornecidos. E caso a quantidade esteja acima do previsto, o fornecimento passará a ser de responsabilidade da CONTRATADA, até que a quantidade de ligante esteja normalizada.

Contudo, se a quantidade programada estiver coerente com o previsto a ser executado, e o balanço mensal de ligantes estiver equilibrado, ou seja, o consumo igual ao programado, será fornecido uma carta de crédito com a quantidade programada de produção para o mês vigente, com base no teor ótimo de ligante aprovado pela Concessionária do projeto de dosagem.

5.1. Da emissão de nota fiscal para a concessionária

A emissão de nota fiscal deverá ser online, e apresentada para a concessionária após a compra e liberação de entrega dos ligantes asfálticos pelo fabricante. Todas as notas deverão ser apresentadas no ato do pedido, não será aceito notas com datas retroativas a data de liberação da carga.

5.2. Do controle de notas fiscais e envio para pagamento

O controle, balanço e emissão de notas fiscais para o pagamento será de responsabilidade da concessionária, não será permitido o recebimento de notas fiscais atrasadas, qualquer tipo de multa por erros e omissões será de responsabilidade do CONTRATADO.

6. RECEBIMENTO DO MATERIAL E CONTROLE TECNOLÓGICO

A CONTRATADA, deverá ser responsável pela pesagem e controle de qualidade dos materiais, sendo assim deverá:

- Pesar e controlar o recebimento das cargas de ligantes asfálticos;
- Realizar o controle tecnológico através de ensaios, em conformidade com as especificações da ANP e especificações particulares da Arteris;

6.1. Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP

A temperatura de transporte é um fator de extrema importância para o andamento dos serviços nas usinas de asfalto, pois caso uma carreta dê entrada na usina com temperatura abaixo da ideal para o bombeamento, a usina poderá vir a ter suas atividades comprometidas por aguardar o aquecimento do asfalto até a temperatura ideal, e, caso o asfalto entregue esteja à temperatura acima da máxima recomendada para o tipo de asfalto em questão, a qualidade do pavimento será comprometida devido ao fenômeno de craqueamento térmico.

A Tabela 1 apresenta as temperaturas máximas admissíveis de recebimento de cada tipo de CAP utilizado no Brasil.

Tabela 7 - Temperaturas máximas de transporte dos ligantes asfálticos

TIPO DO CAP	TEMPERATURA MÁXIMA DE RECEBIMENTO (°C)
CAP 30-45	162
CAP 50-70	155
AMP 55-75	165
AMP 60-85	165
AMP 65-90	175
AMB 08	180
AMB 22	180

Caso fique constatado que o material excedeu a sua temperatura máxima de recebimento, a carreta não deverá, em hipótese alguma, ser descarregada no tanque da usina.

De maneira complementar, a tabela 2 apresenta as temperaturas máximas de estocagem dos ligantes asfálticos.

Tabela 8 - Temperaturas máximas de estocagem dos ligantes asfálticos

TIPO DO CAP	TEMPERATURA MÁXIMA DE ESTOCAGEM (°C)
CAP 30-45	162
CAP 50-70	155
AMP 55-75	162
AMP 60-85	165
AMP 65-90	170
AMB 08	180
AMB 22	180

Em hipótese alguma podem ser misturados diferentes ligantes asfálticos nos tanques. Os tanques devem ser esvaziados completamente para receber ligantes asfálticos diferentes daqueles que continham anteriormente.

Durante o manuseio e a armazenagem dos ligantes asfálticos, os seguintes pré-requisitos devem ser atendidos:

- O tanque de armazenamento e/ou aquecimento de ligantes devem ter termômetros internos, preferencialmente do tipo digital/eletrônico;
- A transferência do ligante asfáltico da carreta do distribuidor para o tanque de armazenagem da usina deve ocorrer por meio de uma bomba de engrenagem;
- As temperaturas dos ligantes nunca deve ultrapassar 180°C;
- Os tanques de armazenagem devem possuir agitadores, com rotação igual ou superior a 100rpm, para homogeneização e uniformidade da temperatura do ligante (principalmente os modificados por polímeros e por borracha);

Todo carregamento de Ligante Asfáltico que chegar à obra deverá apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de ensaios contendo os resultados de caracterização exigidos

nesta especificação. Entretanto, a existência deste certificado não dispensa a empresa contratada de realizar toda a caracterização tecnológica, no ato do recebimento, para verificação da qualidade dos materiais recebidos.

No caso de Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR), a variação máxima de viscosidade permitida, em relação ao material fornecido para elaboração do projeto de dosagem será de $\pm 300\text{cP}$.

Desta forma, deve ser realizada a coleta da amostra para ensaio ainda na unidade de transporte, antes do início do descarregamento, de acordo com a norma técnica ABNT NBR 14883 ou ASTM D 4057. Também deverá ser realizada a coleta de uma amostra de $\frac{1}{4}$ de galão (aproximadamente 900 ml), para envio a CONCESSIONÁRIA devidamente identificada com o LAUDO DO FABRICANTE, CÓPIA DA NOTA FISCAL e COM O ENSAIO REALIZADO correspondente, e, posteriormente à realização dos serviços de pavimentação, um mapa de identificação de todas as cargas aplicadas. A Tabela 3 apresenta os ensaios mínimos necessários para caracterização do ligante asfáltico no ato do recebimento. Caso algum dos parâmetros não esteja de acordo com as exigências das especificações, o CAP não deverá ser aceito.

Tabela 9 - Ensaios necessários para caracterização do ligante asfáltico no ato do recebimento

MÉTODO	TÍTULO
NBR 6576	Materiais asfálticos - Determinação da penetração
NBR 6560	Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola
NBR 15184	Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando viscosímetro rotacional
NBR 11341	Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
NBR 15086	Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam os requisitos para aceitação de cada tipo de ligante asfáltico. Ressalta-se que no caso da utilização de ligantes especiais, a especificação deve ser analisada e aprovada pelo CDT antes do início dos serviços.

Tabela 10 - Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo (CAP) – classificação por penetração. Resolução no 19 de 11 de julho de 2005 da ANP – Regulamento Técnico ANP no 03/2005

Características	Unid.	Limites				Métodos	
		CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín.	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt Furol a 135°C, mín. a 150°C, mín. a 177°C	s	192 90 40 -150	141 50 30 -150	110 43 15-60	80 36 15-60	NBR 14950	E 102
Viscosidade Brookfield a 135°C, SP 21, 20rpm, mín. a 150°C, SP 21, mín. a 177°C, SP 21	cP	374 203 76-285	274 112 57-285	214 97 28-114	155 81 28-114	NBR 15184	D 4402
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST) ⁽¹⁾		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)		
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C, 5min		D 2872					
Variação em massa, máx. ⁽²⁾	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín. ⁽³⁾	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

Tabela 11 - Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímeros elastoméricos. Resolução nº 32 de 21 de setembro de 2010 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 04/2010

Características	Unid.	Limites			Métodos
		55/75-E	60/85-E	65/90-E	
Penetração 25°C, 5s, 100g	0,1mm	45-70	40-70	40-70	NBR 6576
Ponto de amolecimento mín.	°C	55	60	65	NBR 6560
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	3000	3000	3000	NBR 15184
Viscosidade Brookfield a 150°C, spindle 21, 50 rpm, máx.	cP	2000	2000	2000	NBR 15184
Viscosidade Brookfield a 177°C, spindle 21, 100 rpm, máx.	cP	1000	1000	1000	NBR 15184
Ensaio de separação de fase, máx.	°C	5	5	5	NBR 15166
Recuperação elástica a 25°C, 20cm, mín.	%	75	85	90	NBR-15086
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C, 5min		D 2872			
Variação de massa, máx.	%	1	1	1	ASTM D 2872
Variação do PA, máx.	°C	-5 a +7	-5 a +7	-5 a +7	NBR 6560
Porcentagem de penetração original, mín.	%	60	60	60	NBR 6576
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	%	80	80	80	NBR 15086

Tabela 12 - Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por borracha moída de pneus, tipo terminal blend. Resolução nº 39 de 24 de dezembro de 2008 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 05/2008

Características	Unid.	Limites		Métodos
		AB 8	AB 22	
Penetração 25°C, 5s, 100g	0,1mm	30 - 70	30 - 70	NBR 6576
Ponto de amolecimento mín.	°C	50	55	NBR 6560
Viscosidade Brookfield a 175°C, spindle 3, 20 rpm, máx.	cP	800 - 2000	2200 - 4000	NBR 15529
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	NBR 11341
Recuperação elástica no ductilômetro 25°C, 10cm, mín.	%	50	55	NBR 15086
Recuperação elástica no torciômetro 25°C, 30cm, mín.	%	50	55	NLT 329*
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C, 5min		D 2872		
Variação de massa, máx.	%	1,0	1,0	ASTM D 2872
Variação do PA, máx.	°C	10	10	NBR 6560
Porcentagem de penetração original, mín.	%	55	55	NBR 6576
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	%	100	100	NBR 15086

* Ensaio não especificado pela ANP, mas presente em normas de DERs.

⁽¹⁾ O índice de suscetibilidade térmica é obtido a partir da seguinte equação:

$$IST = [(500) (\log PEN) + (20) (T^{\circ}C) 1951] / [120 (50) (\log PEN) + (T^{\circ}C)]$$

onde: $(T^{\circ}C)$ = Ponto de amolecimento

PEN = penetração a 25°C, 100g, 5s.

⁽²⁾ A variação em massa, em porcentagem, é definida como:

$$M = (M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}}) / M_{\text{inicial}} \times 100$$

onde: M_{inicial} massa antes do ensaio RTFOT; M_{final} massa após o ensaio RTFOT

⁽³⁾ A penetração retida é definida como:

$$\text{PEN retida} = (\text{PEN final} / \text{PEN inicial}) \times 100$$

onde: PEN inicial penetração antes do ensaio RTFOT; PEN final penetração após o ensaio RTFOT

6.2. Emulsões Asfálticas

As emulsões asfálticas são classificadas com os seguintes códigos:

- a) RR, RM, RC e RL: ruptura rápida, ruptura média, ruptura controlada e ruptura lenta, respectivamente;
- b) EAI: emulsão asfáltica para serviço de imprimação;
- c) LA e LAN: emulsões asfálticas de ruptura lenta catiônica e de carga neutra, respectivamente, para serviço de lama asfáltica;
- d) LARC: emulsão asfáltica catiônica de ruptura controlada para serviço de lama asfáltica.

Todo carregamento de Emulsões Asfálticas que chegar à obra deverá apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de ensaios contendo os resultados de caracterização exigidos nesta especificação. Entretanto, a existência deste certificado não dispensa a empresa contratada de realizar toda a caracterização tecnológica, no ato do recebimento, para verificação da qualidade dos materiais recebidos.

Desta forma, deve ser realizada a coleta da amostra para ensaio ainda na unidade de transporte, antes do início do descarregamento, de acordo com a norma técnica ABNT NBR 14883 ou ASTM

D 4057. Também deverá ser realizada a coleta de uma amostra de $\frac{1}{4}$ de galão (aproximadamente 900 ml), para envio a CONCESSIONÁRIA devidamente identificada com o LAUDO DO FABRICANTE e CÓPIA DA NOTA FISCAL correspondente, e, posteriormente à realização dos serviços de pavimentação, um mapa de identificação de todas as cargas aplicadas. A Tabela 7 apresenta os ensaios mínimos necessários para caracterização das emulsões asfálticas no ato do recebimento. Caso algum dos parâmetros não esteja de acordo com as exigências das especificações, o material não deverá ser aceito.

Tabela 13 - Ensaios necessários para caracterização das emulsões asfálticas no ato do recebimento

MÉTODO	TÍTULO
NBR 6570	Emulsões asfálticas - Determinação da sedimentação
NBR 14376	Emulsões asfálticas - Determinação do resíduo asfáltico por evaporação - método expedito
NBR14393	Emulsões asfálticas - Determinação da peneiração
NBR14491	Emulsões asfálticas - Determinação da viscosidade Saybolt Furol
NBR 14896	Emulsões asfálticas modificadas com polímero - Determinação do resíduo seco por evaporação
NBR 6576	Materiais asfálticos - Determinação da penetração

As tabelas 8 e 9 apresentam os requisitos para aceitação de cada tipo emulsão asfáltica. Ressalta-se que no caso da utilização de ligantes especiais, a especificação deve ser analisada e aprovada pelo CDT antes do início dos serviços.

Tabela 14 - Especificações das emulsões asfálticas para pavimentação. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite									Método(1)	
		Ruptura rápida		Ruptura média		Ruptura lenta				Ruptura controlada	ABNT NBR	ASTM
		RR-1C	RR-2C	RM-1C	RM-2C	RL-1C	LA-1C	LAN	EAI	LARC		
Ensaio para a emulsão												
Viscosidade Saybolt-Furol a 25°C, máx.	s	90	–	–	–	90	90	90	90	90	14491	D244
Viscosidade Saybolt-Furol a 50°C	s	–	100 a 400	20 a 200	100 a 400	–	–	–	–	–	14491	D244
Sedimentação, máx.	% m/m	5	5	5	5	5	5	5	10	5	6570	D6930
Peneiração (0,84mm), máx.	% m/m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	14393	D6933
Resistência à água (cobertura), mín.(2)	%	80	80	80	80	80	–	–	–	–	14249	D244
Adesividade em agregado miúdo, mín.	%	–	–	–	–	–	75	–	–	75	14757(3)	–
Carga da partícula	–	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	neutra	–	positiva	6567	D244
pH, máx.	–	–	–	–	–	6,5	–	6,5	8	6,5	6299	–
Destilação												
Solvente destilado	% v/v	–	–	0 a 12	0 a 12	–	–	–	0 a 15	–	6568	D244
Resíduo seco, mín.	% m/m	62	67	62	65	60	60	60	45	60	14376	D6934
Desemulsibilidade												
Mín.	% m/m	50	50	–	–	–	–	–	–	–	6569	D6936
Máx.	–	–	50	50	–	–	–	–	–	–		
Mistura com fíler silício	%	–	–	–	–	máx. 2,0	1,2 a 2,0	–	–	mín. 2,0	6302	D244

Característica	Unid.	Limite								Método(1)	
		Ruptura rápida		Ruptura média		Ruptura lenta			Ruptura controlada	ABNT NBR	ASTM
		RR-1C	RR-2C	RM-1C	RM-2C	RL-1C	LA-1C	LAN	EAI		
Mistura com cimento	%	-	-	-	-	máx. 2,0	máx. 2,0	-	-	mín. 2,0	6297 D244
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela NBR 14896											
Penetração a 25°C (100g e 5s)	mm	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 25,0	4,0 a 15,0	6576 D5
Teor de betume, mín.	%	97	97	97	97	97	97	97	97	97	14855 D2042
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	6293 D113

Tabela 15 - Especificações das emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite				Método ⁽¹⁾	
		Ruptura rápida		Ruptura média	Ruptura controlada	ABNT NBR	ASTM
		RR1C-E	RR2C-E	RM1C-E	RC1C-E		
Ensaio para a emulsão							
Viscosidade Saybolt-Furol, a 50°C	s	70 máx.	100- 400	20-200	70 máx.	70 máx.	14491 D244
Sedimentação, máx.	% massa	5					6570 D6930
Peneiração 0,84mm, máx.	% massa	0,1					14393 D6933
Resistência à água, mín. de cobertura ⁽²⁾							
Agregado seco	%	80					6300 D244
Agregado úmido		80	80	60	60	60	
Carga da partícula	—	positiva					6567 D244
pH, máx.	—	—	—	—	6,5	6,5	6299 D244
Destilação – solvente destilado a 360°C	% volume	0-3	0-3	0 a 12	0	0	6568 D244
Resíduo seco, mín.	% massa	62	67	62	62	60	14376 D6934
Desemulsibilidade Mín.	% massa	50	50	—	—	—	6569 D6936
Máx.		—	—	50	—	—	
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896							
Penetração a 25°C (100g e 5s)	0,1 mm	45-150	45-150			6576	D5
Ponto de amolecimento, mín.	°C	50	55			6560	D36
Viscosidade Brookfield a 135°C, SP21, 20 rpm, mín.	cP	550	600			15184	D4402
Recuperação elástica a 25°C, 20cm, mín.	%	65	70			15086	D6084

(¹) A equivalência das normas NBR e ASTM é parcial, sendo que, preferencialmente, os ensaios devem ser realizados pelas normas NBR.

(²) Se não houver envio de amostra ou informação da natureza do agregado pelo consumidor final, o distribuidor deverá indicar a natureza do agregado usado no ensaio no certificado da qualidade.

(³) Para o ensaio da adesividade em agregado miúdo, a norma equivalente à NBR 14757 é a ISSA TB-114.

7. DA ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS

Após a realização das verificações e dos ensaios descritos no item 6, e comprovado que não atendem às especificações de recebimento de materiais, deverá ser recusado e não poderá ser descarregado. A Concessionária deverá ser comunicada imediatamente, com as devidas comprovações para tal recusa e providências.

8. DA MEDIDAÇÃO DOS LIGANTES

O peso de ligante a ser fornecido pela ARTERIS será calculado considerando:

- Taxa ótima de ligante asfalto determinada no traço de mistura asfáltica elaborado pela CONTRATADA e validado pela Concessionária ou pelo Centro de Desenvolvimento Tecnológico – CDT;
- Densidade aparente da mistura correspondente à taxa adotada no item anterior;
- Apresentar o volume da medidação mensal ou final, confrontado com as liberações de pedidos.