

RECICLAGEM DE CAMADAS MELHORADAS COM CIMENTO EM USINAS- RCCU

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Outubro de 2016



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 039.1 Rev.5

Especificação Particular para Execução de

Reciclagem de camadas melhoradas com cimento em Usinas – RCCU

Designação ARTERIS ES 039.1- Rev 5 (Outubro/2016)



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

2.1- 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".

2.2- 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

3.1- 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

5.1- 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.

5.2- MATERIAL

5.2.1- 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.

5.2.2- 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.

5.2.3- Água

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

5.2.4- 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. 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).

7.2- Usina de solos - deve ter dispositivo para dosagem dos agregados individuais, cimento Portland, aditivos e água, e dispositivo para mistura e homogeneização.

7.3- Dispositivo britagem e classificação.

7.4- Caminhões basculantes para transporte do material para a usina e seu retorno para a pista.

7.5- Acabadora com capacidade de espalhar a camada em uma única passada.

7.6- Rolo vibratório autopropulsado corrugado; Rolo vibratório autopropulsado liso; Rolo de pneus com peso mínimo de 22t e sistema rodoar.

7.7- Serra para corte de juntas.

7.8- Caminhão pipa.

7.9- 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 interdito 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:

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

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									

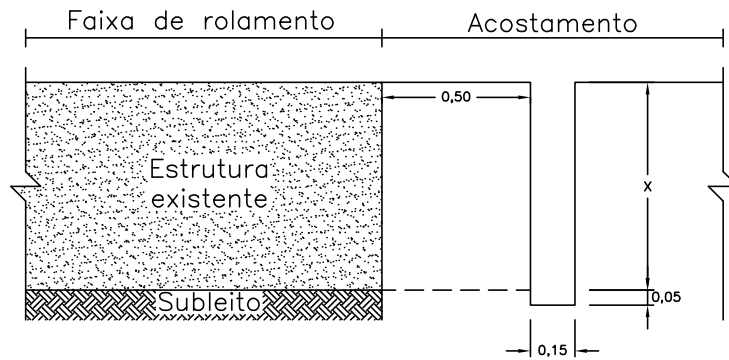
11.2- Critério de Medição

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

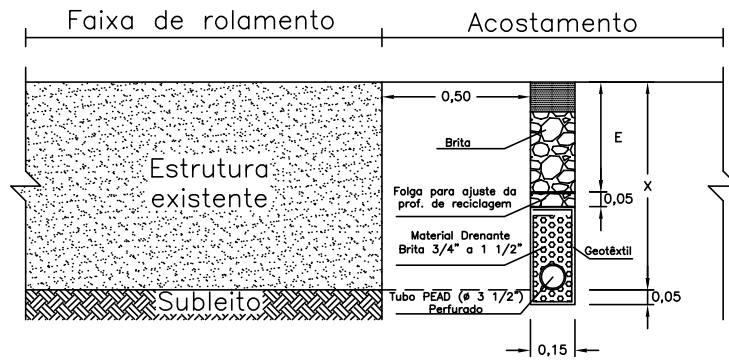
Os serviços não aprovados devem ser refeitos.

ANEXO 1 – PROCESSO CONSTRUTIVO DO DRENO DE PAVIMENTO E RECICLAGEM

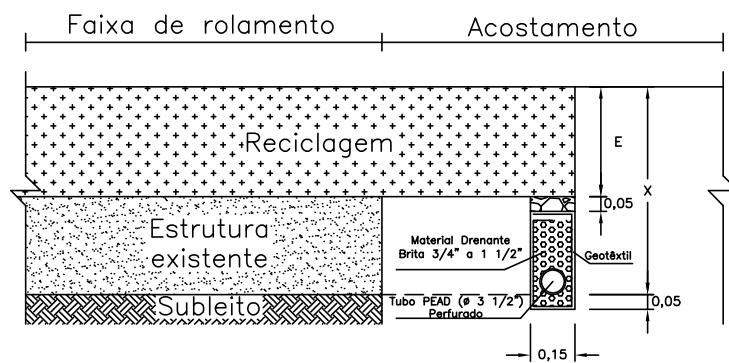
1ª Etapa – Escavação da vala do Dreno no acostamento



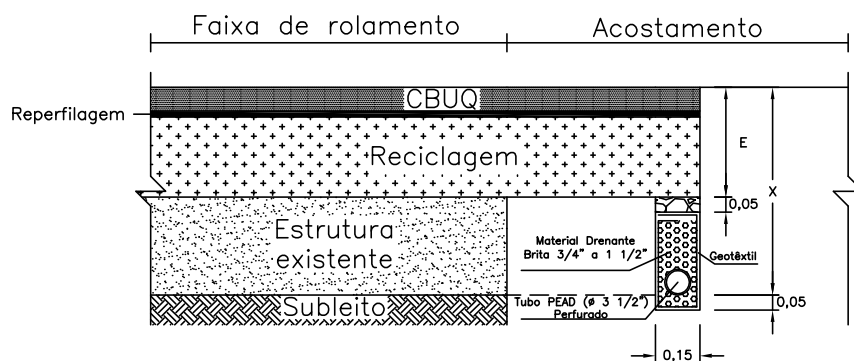
2ª Etapa – Execução do Dreno de pavimento – enchimento com brita – fechamento com CBUQ



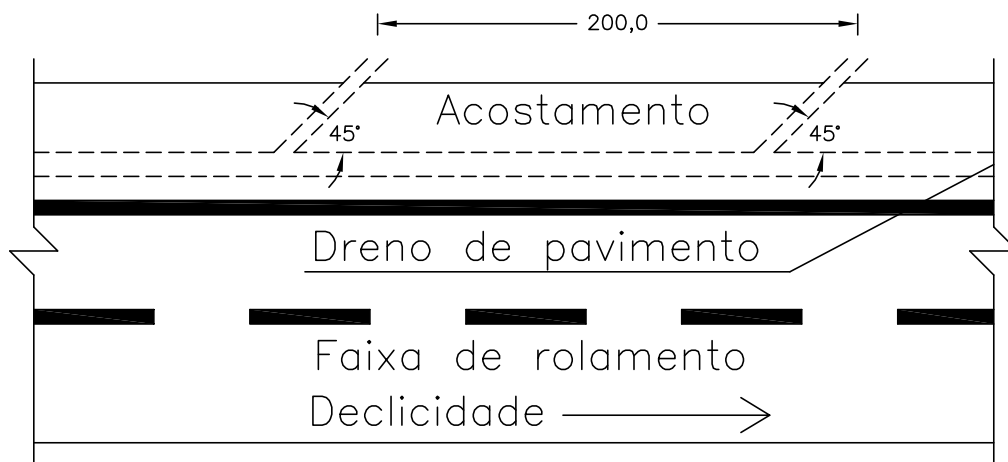
3ª Etapa – Execução da reciclagem com cimento



4ª Etapa – Execução do revestimento com CBUQ



Dreno de pavimento



Notas:

1 – Medidas em metros

2 – Os lançamentos dos drenos deverão ser distanciados no máximo 200m. Os lançamentos dos drenos poderão ser feitos em caixas de passagem, canaletas profundas, descidas d'água, etc. Caso não existam tais dispositivos, os drenos poderão ser lançados no terreno natural ou em saias dos aterros, conforme detalhe terminais de dreno.

3 – As saídas dos drenos deverão ser bem sinalizadas para facilitar as operações de limpeza e manutenção.

4 – O fechamento do dreno deverá ser executado com 5cm de CBUQ compactado com placa vibratória.

Terminais dos drenos de pavimento

