

# SOLO MELHORADO COM CIMENTO

Especificação Particular

**C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

Julho de 2021



**DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 142 Rev.0**

# Especificação Particular para Execução de

## Solo Melhorado com Cimento

Designação ARTERIS ES 142- Rev. 0 (julho/2021)



---

### 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 n°200, 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 n°40 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  $\leq 6\%$  (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  $\pm 2,0\%$  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 ser processadas 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/m<sup>2</sup>. 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
<b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 2 – Solos	
Quantidade	Descrição
<b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
1	Ensaio de granulometria

Quadro 3 - Controle de Execução na pista (continua...)	
Quantidade	Descrição do Ensaio
<b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>	
1	Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
<b>Para cada 100 metros de extensão de faixa:</b>	
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
<b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação

<b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
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
<b>Para cada 1000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez a cada 2 dias trabalhados:</b>	
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

<b>Quadro 4 - Cimento Portland</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para cada 400 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
01	Ensaio de finura do cimento

<b>Quadro 5 - Solos</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para cada 400 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
1	Ensaio de granulometria

<b>Quadro 6 - Controle de Execução na pista</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição do Ensaio</b>
<b>Para cada 500 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado (na usina):</b>	
1	Determinação do teor de umidade da mistura, na saída do misturador
<b>Para cada 500 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>	
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
<b>Para cada 100 metros de extensão de faixa:</b>	
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
<b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, imediatamente antes da compactação
<b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
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

<b>Para cada 1000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>	
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação)
<b>Para cada 3000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada:</b>	
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 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 Weigh 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 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  $X + ks >$  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.

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.