

SOLO CIMENTO E SOLO TRATADO COM CIMENTO

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Abril de 2018



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 004 Rev.00

Especificação Particular para Execução de Solo Cimento e Solo Tratado com Cimento

Designação ARTERIS ES 004- Rev 00 (Abril/2018)



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 e 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-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman;

DNER-ME 080/94 - Solos – análise granulométrica por peneiramento;

DNER-ME 082/94 - Solos – determinação do limite de plasticidade;

DNER-ME 092/94 - Solo - determinação da massa específica aparente, “in situ”, com 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;

DNER-ME 201/94 - Solo-cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos;

DNER-ME 202/94 - Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos;

DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;

DNIT 011/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias;

DNIT 068/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento;

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1 Solo-cimento e solo tratado com cimento são misturas íntimas, executadas na pista ou em usina, compostas por solo, cimento e água, adequadamente compactadas e submetidas a processo eficiente de cura.

3.2 Para os fins desta especificação, a distinção entre os dois tipos de serviço é baseada no comportamento da camada, avaliado através da resistência à compressão simples da mistura, aos sete dias de idade, de acordo com os seguintes valores:

- a) solo tratado com cimento: de 1,2 a 2,1 MPa;
- b) solo-cimento: superior a 2,1 MPa.

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.

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

a) Podem ser utilizados os seguintes tipos de cimento Portland especificados pela ABNT:

- cimento Portland comum NBR 5732
- cimento Portland pozolânico NBR 5736

5.1.3 Água

- a) 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 NM 137

5.1.4 Solo

5.1.4.1 Os solos empregados na execução de sub-bases ou bases de solo-cimento ou de solo tratado com cimento devem apresentar as seguintes características:

- a) condições granulométricas:

TABELA 1

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerância
ASTM	mm		
3"	76	100	-
Nº 4	4,8	50 – 100	± 5%
Nº 40	0,42	15 – 100	± 2%
Nº 200	0,075	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) o material deve apresentar limite de liquidez $\leq 40\%$,
- f) índice de plasticidade $\leq 18\%$.
- g) 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

5.1.5 Composição da mistura

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.

A porcentagem em massa de cimento a ser incorporada ao solo melhorado com cimento ou solo cimento deve ser $\geq 3\%$.

5.1.5.2 A resistência à compressão simples da mistura, aos sete dias, deve atender aos seguintes limites:

a) solo tratado com cimento:

- sub-base: 1,2 a 2,1 MPa.
- base: 1,5 a 2,1 MPa.

b) solo-cimento:

- sub-base ou base: superior a 2,1 MPa.

5.1.5.3 Misturas do tipo solo tratado com cimento e solo cimento poderão, complementarmente, ser dosadas em função do índice de suporte Califórnia da mistura seguindo orientações de projeto.

5.1.5.4 A energia de compactação a ser empregada será a intermediária:

5.1.5.5 Opcionalmente, em função das características da mistura e do dimensionamento, podem ser empregadas energias diferentes das especificadas.

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 Mistura na pista:

- a) pá-carregadeira;
- b) caminhões basculantes;
- c) motoniveladora pesada com escarificador;
- d) recicladora;
- e) rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro "pata longa";
- f) rolos compactadores vibratórios corrugados;
- g) rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável;
- h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- i) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

5.2.3 Mistura na usina:

- a) - silos: para cimento e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- correia transportadora: que transportem os solos 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 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;
- reservatórios de água e canalizações que permitam aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade ótimo previsto;
 - 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.
- b) pá-carregadeira;
- c) caminhões basculantes;
- d) distribuidor de agregados autopropulsionado;
- e) motoniveladora;
- f) rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro "pata longa";
- g) rolos compactadores vibratórios corrugados;
- h) rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável;
- i) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- j) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

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, 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 Mistura na pista:

5.3.5.1 Preparo da superfície

- a) A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo-cimento ou solo tratado 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.

5.3.5.2 Extração dos materiais na jazida

- a) a(s) jazidas(s) indicada(s) no projeto deve(m) ser objeto de criterioso zoneamento, 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.

5.3.5.3 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.

5.3.5.4 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;

- d) o grau de pulverização especificado é de, no mínimo, 70% para solo tratado com cimento, e 80% para solo-cimento.
- e) 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;

5.3.5.5 Conformação, compactação e acabamento

- a) encerrada a fase de mistura, com emprego da motoniveladora é feita a conformação da camada em obediência à seção de projeto;
- b) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da conformação;
- c) 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;
- d) 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;
- e) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- f) 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.

- g) a compactação e o acabamento finais são obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável;
- h) o grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura (intermediária);
- i) o tempo decorrido entre a homogeneização da mistura e acabamento final da camada não deve exceder a 3 horas;
- j) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;
- k) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

5.3.5.6 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 ou solo tratado com cimento em toda a largura da pista, em uma única etapa.

5.3.5.7 Proteção e cura

- a) a camada acabada é submetida de imediato a processo de cura, devendo para este fim ser protegida contra a perda rápida de umidade, por período de, no mínimo, sete dias;
- c) 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 sete dias. A pintura de cura deve ser constituída por emulsão asfáltica tipo RR-2C.

- d) A emulsão asfáltica tipo RR-2C deve ser aplicada com caminhão espargidor, 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 aspergido, em uma única aplicação e na temperatura adequada.
- c) antes da aplicação, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização pode exigir o emprego de jatos de ar comprimido;
- d) previamente à aplicação da pintura de cura, a camada deve estar adequadamente umedecida;
- e) 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;
- h) o emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização.

5.3.5.8 Liberação ao tráfego

- a) não é permitido o tráfego diretamente sobre os trechos recém-concluídos;
- b) o tráfego é permitido desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar estragos, o que normalmente ocorre depois de decorridos sete dias;
- c) no caso de travessias e acessos, deve ser aplicada uma proteção com camada de solo com, pelo menos, 0,15 m de espessura.

5.3.6 Mistura em usina:

5.3.6.1 Preparo da superfície

a) devem ser atendidas as recomendações constantes do subitem 5.3.5.1 desta especificação.

5.3.6.2 Extração dos materiais na jazida

b) devem ser atendidas as recomendações constantes do subitem 5.3.5.2 desta especificação.

5.3.6.3 Produção da mistura

a) 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;

b) a usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura dos materiais;

c) o grau de pulverização exigido é de 70%, no mínimo, para solo tratado com cimento, e de 80%, no mínimo, para solo-cimento;

d) 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.

5.3.6.4 Transporte da mistura

a) o transporte da mistura, da usina para a pista, deve ser feito em caminhões basculantes;

b) não é permitida a estocagem do material usinado;

c) os veículos de transporte devem ser cobertos com lonas, de modo a evitar perda de umidade por evaporação, ou excesso de umidade da mistura pela ação de chuvas;

d) não é permitido o transporte da mistura para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capazes de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.

5.3.6.5 Distribuição da mistura

- a) a distribuição da mistura, sobre a camada anterior previamente liberada pela Fiscalização, deve ser realizada com distribuidor de agregados, capaz de distribuir o material em espessura uniforme, sem produzir segregação;
- b) opcionalmente, em função das características da mistura e com a autorização da Fiscalização, a distribuição pode ser procedida pela ação de motoniveladora. Neste caso, a mistura é descarregada dos basculantes em leiras, sobre a camada anterior liberada pela Fiscalização, devendo ser estabelecidos critérios de trabalho que assegurem a qualidade do serviço;
- c) o espalhamento da mistura deve ser efetuado em espessura tal que, após compressão, resulte a espessura de projeto;
- d) é vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;
- 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.

5.3.6.6 Compactação e acabamento

- a) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da mistura;
- b) o segmento experimental é utilizado para definir o padrão necessário à obtenção do grau de compactação desejado;
- c) 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;

- d) o teor de umidade da mistura no início da compactação, deve situar-se na faixa de -2,0% a +1,0%, em relação à umidade ótima adotada como referência;
- e) 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;
- f) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- g) 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.
- h) a compactação e o acabamento finais são obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável;
- i) o grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura (intermediária);
- j) o tempo decorrido entre a usinagem da mistura e o acabamento final da camada não deve exceder a 3 horas;
- k) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;
- l) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

5.3.6.7 Juntas de construção

a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.5.6 desta especificação.

5.3.6.8 Proteção e cura

a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.5.7 desta especificação.

5.3.6.9 Liberação ao tráfego

a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.5.8 desta especificação.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de solo-cimento e solo tratado 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;

i) 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 m³ 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 m³ 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 m³ 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
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m³ 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 m³ 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 extraídas da pista com sonda rotativa
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade o processo de cura aplicado
Para cada 1000 m³ 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
<p>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.</p>	

7.3.2 Mistura em usina

Quadro 4 - Cimento Portland	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m³ 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 m³ 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 m³ 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 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:	
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m³ 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 m³ 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 extraídas da pista com sonda rotativa
1	Controle dos tempos despendidos para a execução das seguintes atividades: <ul style="list-style-type: none"> ● 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 m³ 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 m³ 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 Os tempos máximos especificados para cada etapa executiva não devem ser ultrapassados.

9.2.3 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% para solo-cimento e 100% para solo tratado com cimento.

9.2.4 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.

9.2.5 Deve ser realizado ensaios de resistência à compressão simples, aos sete dias de idade, as amostras devem ser extraídas da pista, a resistência deve ser no mínimo igual à adotada no projeto de mistura, para valores determinados estatisticamente.

9.2.6 A eficiência do processo de proteção de cura, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.

9.2.6 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 deflector (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;
- e) 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 ou de solo tratado 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-cimento ou de solo tratado 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.

b) 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.

c) 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 colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.