



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES,
PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, Km 163
Centro Rodoviário - Vigário Geral
Rio de Janeiro - RJ - CEP21240-000
Tel/Fax: (21) 3545-4600

Fev 2017

NORMA DNIT 407/2017 - ES

**Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada
granulometricamente com Açobrita® - Especificação de
serviço**

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50600.085467/2012-72

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de 21/02/2017

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Pavimentação, base, Açobrita®

**Nº Total de
páginas**
10

7	Inspecões	6
8	Crítérios de medição.....	7
	Anexo A (Normativo).....	8
	Anexo B (Informativo).....	9
	Índice Geral.....	10

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias-IPR/DPP para estabelecer a sistemática a ser empregada na execução e no controle da qualidade do serviço de camada de sub-base de pavimento estabilizada granulometricamente com Açobrita®, produzido por usinas siderúrgicas, e solo.

Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009-PRO.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a metodologia a ser empregada na execução da camada de sub-base estabilizada granulometricamente com Açobrita®, produzido por usinas siderúrgicas, misturado com solo, para utilização na pavimentação rodoviária.

2 Referências normativas

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

Esta Norma define a sistemática empregada na execução da camada de sub-base do pavimento utilizando Açobrita®, com redução de expansão, estabilizado granulometricamente, produzido por usinas siderúrgicas, para utilização em rodovias; estabelece os requisitos relativos a material, equipamento, execução, condicionantes ambientais e controle da qualidade dos materiais empregados, além dos critérios para aceitação ou rejeição e medição dos serviços.

Abstract

This document presents procedures for sub-base road construction, using stabilized granular steel, produced by steel mill, and with expansion reduction, for used in road; it presents performance requirements concerning materials, equipment, execution, environmental impact control and quality control and criteria for acceptance and rejection of the services.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Definições.....	2
4 Condições Gerais.....	3
5 Condições específicas	3
6 Condicionantes ambientais	5

edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16364*, Execução de sub-base e base estabilizadas granulometricamente com agregado siderúrgico para pavimentação rodoviária - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- b) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER-ME 035/98* - Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles" - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- c) _____. *DNER-ME 051/94* - Solos – Análise granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, IPR, 1994.
- d) _____. *DNER-ME 052/94* – Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade pelo método expedito "Speedy" - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- e) _____. *DNER-ME 054/97* - Equivalente de areia - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- f) _____. *DNER-ME 080/94* - Solos - Análise granulométrica por peneiramento - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- g) _____. *DNER-ME 082/94*- Solos - Determinação do limite de plasticidade. Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- h) _____. *DNER-ME 086/94* – Agregado – Determinação do índice de forma. Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- i) _____. *DNER-ME 088/94* – Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool: Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- j) _____. *DNER-ME 092/94* - Solo - Determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego do frasco de areia - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- k) _____. *DNER-ME 122/94* - Solos - Determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito. Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- l) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT 001/2009-PRO* – Elaboração e apresentação de normas do DNIT - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

- m) _____. *DNIT 070-PRO* - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- n) _____. *DNIT 113/2009-ME* - Agregados - Avaliação do potencial de expansão da escória de aciaria - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- o) _____. *DNIT 114/2009-ES* - Pavimentação rodoviária – Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACE-RITA® - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- p) _____. *DNIT 134/2010-ME* - Solos - Determinação do módulo de resiliência - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2010.
- q) _____. *DNIT 164/2013-ME* - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2013.
- r) _____. *DNIT 172/2016-ME* - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Brasília: IPR, 2016.

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 Açobrita®

Material proveniente da produção e refino do aço, composto de óxidos e silicatos, com alta resistência ao desgaste, tratado ao tempo com molhagem e aeração para redução do seu potencial de expansão, estabilizado granulometricamente, utilizado em obras de pavimentação, entre outras aplicações.

3.2 Camada de sub-base

Camada de pavimentação complementar a base, executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente regularizada e compactada.

3.3 Estabilização granulométrica

Processo de melhoria da capacidade resistente de materiais in natura ou mistura de materiais, mediante emprego de energia de compactação adequada, de forma a se obter um produto final com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade.

3.4 Mistura de agregado siderúrgico com solo

Material resultante da mistura homogênea de agregado siderúrgico e solo, em proporções adequadas, para uso em pavimentação. Os solos empregados na mistura podem ser finos ou granulares, provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas.

4 Condições gerais

4.1 Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva.

4.2 Na utilização de Açobrita® em pavimentos rodoviários, devem ser observados os procedimentos descritos na seção 6 - Condicionantes ambientais.

5 Condições específicas

5.1 Insumos

5.1.1 O Açobrita® deve apresentar as seguintes características:

- Composição granulométrica: deve satisfazer a faixa da Tabela 1.

Tabela 1 – Faixa granulométrica do Açobrita®.

Peneiras	% em peso passando	Tolerâncias de faixa de projeto
2 "	100	± 7
1 "	80 - 100	± 7
3/8"	50 – 85	± 7
Nº 4	35 – 65	± 5
Nº 10	20 – 50	± 5
Nº 40	5 – 30	± 2
Nº 200	0 – 15	± 2

- Índice de Suporte Califórnia (DNIT 172/2016-ME): deve ser igual ou superior a 20%, com energia de compactação do Método B.
- Los Angeles (DNER-ME 035/98): deve apresentar desgaste inferior a 55%, admitindo-se valores maiores no caso de terem

apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;

- Média do potencial de expansão de 3 corpos-de-prova, medido pelo ensaio da Norma DNIT 113/2009-ME - Avaliação do Potencial de Expansão da escória de aciaria: deve ser inferior a 3,0 %;
- Módulo de resiliência na umidade ótima (DNIT 134/2010-ME): deve ser igual ou superior a 300 MPa.
- Índice de forma (DNER-ME 086/94): deve ser superior a 0,5 e a porcentagem de partículas lamelares deve ser menor ou igual a 10 %.

5.1.2 A mistura de Açobrita® e solo destinada à confecção da sub-base deve apresentar as seguintes características:

- Índice de Suporte Califórnia - deve ser superior a 20% e expansão máxima inferior ou igual a 1%, com energia de compactação no ensaio DNIT 164/2013-ME, Método B.
- Média do potencial de expansão de 3 corpos-de-prova, medido pelo ensaio da Norma DNIT 113/2009-ME - Avaliação do Potencial de Expansão da escória de aciaria: deve ser igual ou inferior a 1,5%.

5.1.3 A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis ou matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

5.2 Equipamentos

A mistura de Açobrita® e solo deve ser feita, preferencialmente, em central de mistura. Também pode ser executada na pista ou no canteiro de obras.

5.2.1 A central de mistura deve ser constituída essencialmente de:

- Silos: para depósito do agregado siderúrgico ou da mistura de agregado siderúrgico e solo providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;
- Transportadores de esteiras: para transportar o agregado siderúrgico e o solo, na devida proporção, até o equipamento misturador;

- Equipamento misturador “pug-mill”: constituído, normalmente, de uma caixa metálica, contendo em seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido aos seus movimentos, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os fazem avançar até a saída do equipamento;
- Reservatório de água e canalizações: para depositar e aspergir a água no processo da mistura;
- Equipamento de carga de caminhões: constituído de um silo, o qual é abastecido por transportador de correia ou elevador de canecas, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

5.2.2 A mistura em central, na pista ou no canteiro necessita, também, da utilização dos seguintes equipamentos: motoniveladora pesada, com escarificador; carro tanque distribuidor de água; rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático; grade de discos; pulvi-misturador; e pá carregadeira.

5.3 Execução

5.3.1 A execução da sub-base compreende as operações de mistura, umedecimento ou secagem dos materiais, realizada em central, na pista ou no canteiro, bem como o espalhamento, compactação e acabamento na pista, devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

5.3.2 Não é recomendado que a mistura, após processada, seja armazenada por um período superior a cinco dias, para evitar aglomeração e enrijecimento.

5.3.3 Quando houver necessidade de executar a camada de sub-base com espessura final superior a 20 cm, esta deve ser subdivida em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada deve ser de 10 cm, após a compactação.

5.3.4 Mistura de agregado siderúrgico e solo em central de mistura deve atender as seguintes características:

- Empregar materiais de ocorrências locais, objetivando as vantagens técnicas e econômicas da dosagem e da homogeneização da mistura;
- Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final devem ser realizadas em central, restando apenas o transporte da mistura, já pronta, para a rodovia, onde deve ser enleirada e espalhada, ainda úmida, e homogeneizada com as devidas precauções, de modo que após a compactação apresente a espessura, o greide longitudinal e a seção transversal estabelecidos no projeto;
- A faixa para receber a mistura deve estar preparada quanto à drenagem, nivelamento e seção transversal, fixados no projeto;
- A compactação da mistura, umedecida e homogeneizada, deve ser executada com o emprego de equipamentos que assegurem a obtenção da massa específica aparente fixada, em toda a espessura da camada compactada;
- O Grau de Compactação mínimo deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio através da Norma DNER-ME 129/94 - Método B;

5.3.5 Mistura de Açobrita® e solo na pista deve atender as seguintes características:

- Deve ser efetuada a conversão da proporção da mistura em massa para volume, com o intuito de facilitar a execução da mistura;
- No caso de utilização do solo do próprio subleito ou solo selecionado, com mistura na pista, devem ser obedecidas as seguintes fases de execução:
 - a) Preparo da faixa;
 - b) Escarificação da camada de solo, em espessura proporcional à mistura, no caso de utilização do solo do próprio subleito;
 - c) Homogeneização do solo local ou importado;
 - d) Distribuição do agregado siderúrgico;
 - e) Preparo da mistura de agregado siderúrgico com solo, utilizando o equipamento de homogeneização;

- f) Umedecimento e enleiramento da mistura;
- g) Espalhamento, umedecimento e homogeneização da mistura;
- h) Compactação e acabamento.
 - O Grau de Compactação mínimo deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio através da Norma DNER-ME 129/94 - Método B;

5.3.6 Mistura de Açobrita® e solo no canteiro de obras deve atender as seguintes características:

- Deve ser efetuada a conversão da proporção da mistura em massa para volume, com o intuito de facilitar a execução da mistura;
- As pilhas de Açobrita® e solo devem estar localizadas no canteiro de obras, próximas uma da outra, para facilitar a mistura. Com o auxílio de uma pá carregadeira, o volume proporcional de Açobrita® e solo deve ser colocado em uma superfície limpa, dura e plana. Em seguida, deve ser feita a homogeneização dos materiais, também utilizando a pá carregadeira.
- A mistura final deve ser transportada para a pista, enfileirada, espalhada, umedecida e homogeneizada com as devidas precauções, de modo que, após a compactação, apresente a espessura, o greide longitudinal e a seção transversal estabelecidos no projeto.
- A compactação da mistura, umedecida e homogeneizada, deve ser executada com o emprego de equipamentos que assegurem a obtenção da massa específica aparente fixada em toda a espessura da camada compactada.
- O grau de compactação mínimo deve ser de 100 % em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio através da Norma DNER-ME 129/94 - Método B;

6 Condicionantes ambientais

6.1 Devem ser observadas e adotadas as soluções e os procedimentos estabelecidos nas normas pertinentes do DNIT, em especial a Norma DNIT 070/2006-PRO – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento, e na documentação vinculada ao empreendimento, que compreende o Projeto de Engenharia,

os Programas Ambientais pertinentes do Plano Básico Ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

6.2 A utilização de Açobrita® na execução da sub-base deve constar da documentação específica para instauração do processo de licenciamento ambiental do empreendimento; devem ser seguidas as recomendações e exigências pertinentes do órgão ambiental competente para proceder ao licenciamento.

6.3 Os depósitos de materiais a serem empregados, tanto Açobrita® quanto de outros agregados, para aplicação na pavimentação, devem permanecer bem protegidos da chuva por coberturas de lona; quando necessário, devem ser umectados, para evitar partículas soltas no ar pela ação dos ventos, recomendando-se que fiquem localizados longe de residências e hospitais e protegidos por cercas, quando possível.

7 Inspeções

7.1 Controle da mistura

Devem ser adotados os seguintes procedimentos:

7.1.1 Para os ensaios de granulometria, compactação e Índice de Suporte Califórnia da mistura espalhada na pista, em amostras coletadas aleatoriamente, pelos métodos DNER-ME 080/94, DNIT 164/2013-ME (método B) e DNIT 172/2016-ME, deve ser coletada uma amostra, por camada, para cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios pode ser reduzida para uma amostra por segmento de 400 m de extensão, no caso do emprego de materiais homogêneos, a critério da fiscalização. No caso do emprego de usina de solos, as amostras correspondentes devem ser coletadas na saída do misturador.

7.1.2 O número de ensaios e determinações de controle da mistura deve ser definido pelo executante, em função do risco a ser assumido de ter um serviço de boa qualidade rejeitado, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - 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 = nº de amostras k = coeficiente multiplicador

α = risco do executante

Devem ser efetuados, no mínimo, cinco ensaios e determinações por segmento e por camada (área inferior a 4000 m²).

7.2 Controle da execução

Devem ser executados os seguintes ensaios:

7.2.1 Inicialmente, antes da compactação da mistura de agregado siderúrgico com solo:

- Ensaio de umidade (DNER-ME 052/94, DNER- ME 088/94), admitindo-se a tolerância de $\pm 2\%$ da umidade ótima;
- Ensaio de compactação e moldagem de corpos-de-prova (DNER-ME 129/94 - Método B), para determinação do Índice de Suporte Califórnia, após quatro dias de embebição (DNER-ME 049/94).

7.2.2 Após a compactação da mistura de agregado siderúrgico com solo:

- Determinações da massa específica aparente "in situ" na pista compactada, para o cálculo do GC - Grau de Compactação (DNER-ME 092/94). O ensaio de massa específica aparente seca "in situ", em locais definidos aleatoriamente, por camada, para cada 100 m de extensão, pelo método DNER-ME 092/94. Para pistas de extensão limitada com no máximo 4.000 m² de área, devem ser executadas pelo menos 5 determinações para o cálculo do Grau de Compactação - GC. Os valores do Grau de Compactação devem ser maiores que 100% (GC >100%).

7.2.3 O número de ensaios de umidade, de Índice de Suporte Califórnia, de massa específica "in situ" e GC - Grau de Compactação, para o controle da execução, deve ser definido pelo executante em função do risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a Tabela 3.

O executante deve informar previamente à Fiscalização a quantidade que pretende realizar de ensaios e determinações de controle da mistura, umidade, ISC, massa específica "in situ" e CG.

7.3 Verificação do produto

7.3.1 Após a execução da sub-base, deve ser efetuado o controle geométrico, procedendo-se a relocação e o nivelamento do eixo e das bordas, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando sua ausência;
- c) $\pm 10\%$, quanto à espessura de projeto da camada.

7.4 Condições de conformidade e não conformidade

7.4.1 A expansão da mistura agregado siderúrgico e solo determinada no ensaio de ISC (DNER-ME 049/94) deve apresentar resultado inferior a 0,5%.

7.4.2 Devem ser controlados estatisticamente os valores máximos e mínimos da granulometria da mistura agregado siderúrgico e solo, adotando-se o seguinte procedimento:

$X - ks < \text{valor mínimo admitido}$ ou $X + ks > \text{valor máximo admitido} \rightarrow \text{não-conformidade}$;

$X - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ e $X + ks \leq \text{valor máximo admitido} \rightarrow \text{conformidade}$.

Sendo:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

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

Onde: x_i – valores individuais

X – média da amostra

s - desvio padrão da amostra

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações (tamanho da amostra)

n - número de determinações

7.4.3 Devem ser controlados estatisticamente o valor mínimo do ISC e do Grau de Compactação – GC, adotando-se o seguinte procedimento:

Se $X - ks < \text{valor mínimo admitido} \rightarrow \text{nãoconformidade}$;

Se $X - ks \geq \text{valor mínimo admitido} \rightarrow \text{conformidade}$.

7.4.4 Os serviços considerados não-conformes devem ser corrigidos, complementados ou refeitos.

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

8 Critérios de medição

Os serviços conformes devem ser medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1 A sub-base deve ser medida em metros cúbicos de mistura espalhada e compactada na pista, conforme a seção transversal do projeto, já incluídos mão-de-obra, materiais, equipamentos e encargos, além das operações de limpeza e expurgo de ocorrência de NORMA DNIT 115/2009-ES 8 materiais, escavação, transporte, espalhamento, mistura, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento da pista;

8.2 No cálculo dos valores dos volumes devem ser consideradas as larguras e espessuras médias obtidas no controle geométrico (subseção 7.3);

8.3 Não devem ser considerados quantitativos de serviços superiores aos indicados no projeto;

8.4 Na medição dos serviços devem estar incluídas as operações de limpeza e expurgo de ocorrência de escavações, transportes, operações referentes à central de mistura, operações referentes à mistura na pista ou no canteiro de obras, quando especificadas, compactação, acabamento, proteção da sub-base, fornecimento de Açobrita® e a proteção ambiental.

_____/Anexo A

Anexo A (normativo)

Tabela 2 – Faixas granulométricas das misturas (agregado siderúrgico + solo).

Peneiras	Para N > 5 x 10 ⁶				Para N < 5 x 10 ⁶		Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
% em peso passando							
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75 - 90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	-	-	± 7
Nº 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	55 - 100	10 - 100	± 5
Nº 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100	± 5
Nº 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70	± 2
Nº 200	2 - 8	5 - 15	5 - 15	10 - 25	6 - 20	8 - 25	± 2

/Anexo B

Anexo B (Informativo)**Bibliografia**

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER-PRO 277/97: metodologia para controle estatístico de obras e serviços: procedimento*. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- b) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutur-
- ra de Transportes. *Manual de atividades ambientais rodoviárias*. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ., 730).
- c) _____. *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ., 719).

_____/Índice geral

Índice geral

Abstract		1	Estabilização granulométrica	3.3	2
Agregado siderúrgico	3.1	2	Equipamentos	5.2	4
Anexo A (Informativo)		8	Execução	5.3	4
Anexo B (Informativo)		9	Índice geral		10
Camada de sub-base	3.2	2	Inspeções	7	6
Condições gerais	4	3	Insumos	5.1	3
Condicionantes ambientais	6	5	Mistura de agregado siderúrgico		
Condições de conformidade e não conformidade	7.4	7	com solo	3.4	2
Condições específicas	5	3	Objetivo	1	1
Controle da execução	7.2	6	Prefácio		1
Controle da mistura	7.1	6	Resumo		1
Critérios de medição	8	7	Referências normativas	2	1
Definições	3	2	Sumário		1
			Verificação do produto	7.3	6
