Escola de Governo
do Distrito Federal

Secretaria Executiva
de Valorização
e Qualidade de Vida

Secretaria
de Economia

**GOVERNO DO
DISTRITO FEDERAL**

Curso

Execução e fiscalização de obras de terraplenagem e pavimentação

Apresentação – Módulo 3

Governador do Distrito Federal
Ibaneis Rocha

Secretário de Economia do Distrito Federal
José Itamar Feitosa

Secretário Executivo de Valorização e Qualidade de Vida do Distrito Federal
Epitácio do Nascimento Sousa Júnior

Diretora-Executiva da Escola de Governo do Distrito Federal
Juliana Neves Braga Tolentino

Escola de Governo do Distrito Federal
Endereço: SGON Quadra 1 Área Especial 1 – Brasília/DF – CEP: 70610-610
Telefones: (61) 3344-0074 / 3344-0063

www.egov.df.gov.br

Curso

Execução e fiscalização de obras de terraplenagem e pavimentação

Willkerson Victor da Silva

Escola de Governo do Distrito Federal
Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida
Secretaria de Economia
GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Curso

Execução e fiscalização de obras de terraplenagem e pavimentação

Willkerson Victor da Silva

Módulo 3

Pavimento

É uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios (Balbo, 2007).

Classificação dos Pavimentos

Segundo Balbo, 2007:

- **Flexível:** aquele em que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativa sob o carregamento aplicado e, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas;

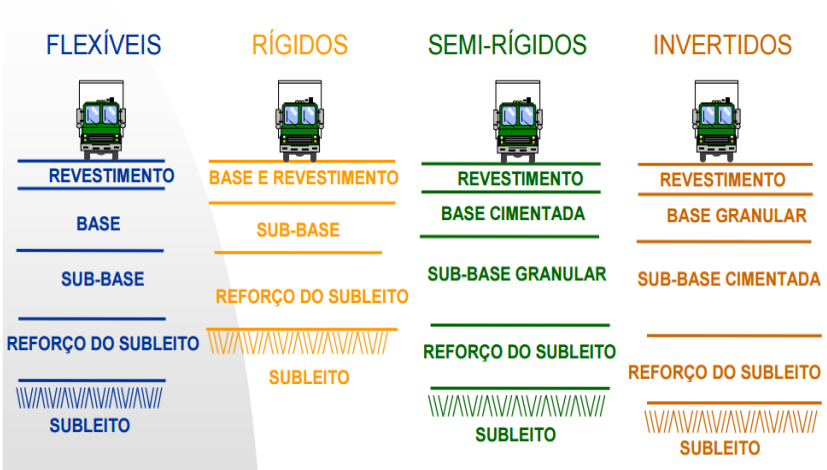
- **Semi-rígido:** caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica;

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Invertido: caracteriza-se quando a camada de revestimento é executada sobre a camada de base granular e sub-base cimentada;

Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto absorve todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

Tipos de Pavimentos

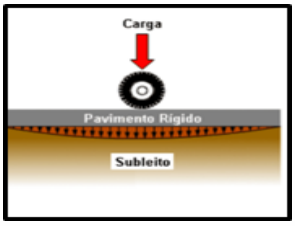


Fonte: Revista Científica Multidisciplinar

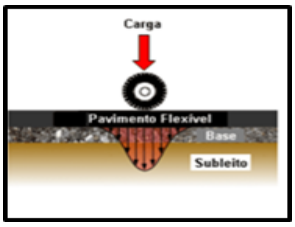
Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Diferenças entre Pavimentos

Pavimento de Concreto



Pavimento Flexível



Fonte: Revista Científica Multidisciplinar

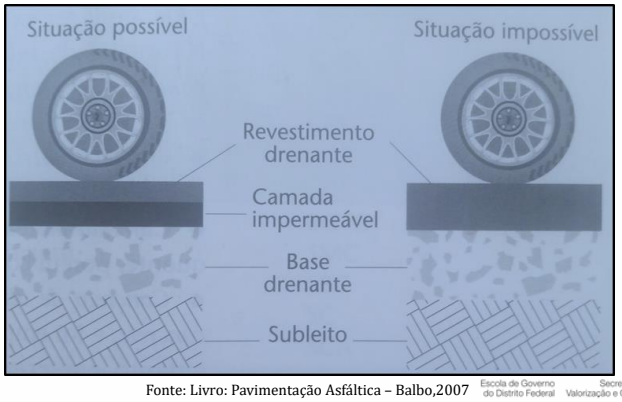
A Enfadonha Questão Sobre "Pavimentos Ecológicos Drenantes"

Segundo Balbo (2007), pavimentos drenantes são aqueles cujo revestimento é composto por um material com elevado índice de vazios, podendo ser mistura asfáltica (chamada camada porosa de atrito – CPA) e também concreto de cimento Portland, embora mais raro.

Seu objetivo é permitir que águas pluviais sejam rapidamente eliminadas da superfície, potencial causadora de hidroplanagem, e o lançamento de jato nos vidros de veículos durante períodos chuvosos.

Se tal tipo de revestimento fosse implantado, uma camada subjacente ao mesmo deverá ser obrigatoriamente impermeável.

Isso é necessário para que as camadas granulares e de subleito não fiquem saturadas, pois perderiam de maneira expressiva sua resistência, causando ruína precoce das estruturas do pavimento.



Fonte: Livro: Pavimentação Asfáltica – Balbo,2007

Seção Transversal do Pavimento

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, temos que:

Subleito – é o terreno de fundação do pavimento;

Regularização – é a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações; a regularização não constitui propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável.

Reforço do subleito – é a camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;

Sub-base – é a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização;

Base – é camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento. É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Sub-Bases e Bases

A função das camadas de base e sub-base é a de aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores.

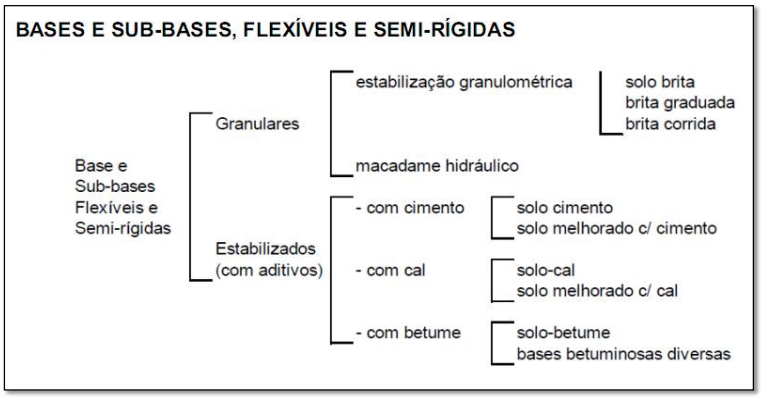
As bases e sub-bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, quimicamente, misturas de solos e agregados.

Os materiais mais empregados em pavimentação da classe dos granulares e solos são: material granular terroso (cascalho), brita graduada simples (BGS), misturas estabilizadas granulometricamente e quimicamente; solo-agregado; solo natural; solo melhorado com cimento ou cal.

Deve-se ressaltar ainda a existência de outros materiais de uso crescente em pavimentação, decorrentes da reutilização ou reciclagem: escória de alto forno; agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil ou demolição; rejeitos de extração de rochas ornamentais; mistura asfáltica fresada etc.

Os materiais cimentados mais frequentes são: brita graduada tratada com cimento (BGTC); solo-cimento; solo-cal; solo-calcimento; concreto rolado (CCR – Concreto Compactado a Rolo).

As misturas asfálticas são: solo-asfalto; solo-emulsão, macadame betuminoso e base asfáltica de módulo elevado.



Fonte: Manual de Pavimentação - 2006 - DNIT

Especificações e Materiais – Sub-base

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, para a camada de sub-base granulometricamente estabilizada, deverá ser atendido o seguinte:

• Índice de Suporte Califórnia – ISC ≥ 20,0%,e;
• Índice de Grupo – IG = 0;
• Compactação na Energia Intermediária.

Normas utilizadas:

• DNIT 139/2010 – ES;
• ABNT NBR 12263/1991.

Sub-bases estabilizadas (com aditivos)

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, temos:

a) Solo melhorado com cimento

Esta modalidade é obtida mediante a adição de pequenos teores de cimento (2% a 4%), visando primordialmente à modificação do solo no que se refere à sua plasticidade e sensibilidade à água, sem cimentação acentuada, são consideradas flexíveis.

Norma utilizada:

• DNIT 140/2022 – ES;

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

b) Solo-cimento

É uma mistura devidamente compactada de solo, cimento Portland e água; a mistura solo-cimento deve satisfazer a certos requisitos de densidade, durabilidade e resistência, dando como resultado um material duro, cimentado, de acentuada rigidez à flexão. O teor de cimento adotado usualmente é da ordem de 6% a 10%. É um critério do Projetista, mas na maioria dos projetos tem sido utilizado na compressão simples, resistência de 2,1 MPa, aos 28 dias.

Normas utilizadas:

• DNIT 057/2004 – ES;
• DNER 201/1994 – ME – Compressão axial de cp's cilíndricos.

Execução de Solo Melhorado com Cimento e Solo-Cimento em Pista

Deverá ser observado no caso da distribuição do cimento Portland através de "rasga" sacos, a quantidade de sacos a serem distribuídos para garantir o teor correto, o tempo devera ser de acordo com as normativas que tratam do assunto.

Fonte: Revista Mensal – ABCP - 2021

c) Solo melhorado com cal

É uma mistura devidamente compactada de solo, preferencialmente com cal hidratada tipo CH-I, com teor entre 2,0 a 4,0%, a camada é considerada flexível.

A cal recomendada é a cal hidratada calcítica, com teor mínimo de 65% de cal solúvel (CaO + CaOH2), segundo o método da NBR 6473/2003 da ABNT.

Norma utilizada:

- DNIT 421/2019 – ES;

d) Solocal

É uma mistura de solo, cal e água e, às vezes, cinza volante, uma pozolona artificial. O teor de cal mais frequente é de 5,0% a 6,0%.

Tem-se as misturas Solocal, consideradas semirrígidas.

Norma utilizada:

- DNIT 421/2019 – ES;

Execução de Solo Melhorado com Cal e Solocal

Deverá ser observado no caso da distribuição da Cal Hidratada através de "rasga" sacos, a quantidade de sacos a serem distribuídos para garantir o teor correto.

Fonte: www.nucleodoconhecimento.com.br

e) Solo-brita

Camada constituída de mistura artificial em usina, ou em pista, de **solo** com agregado pétreo britado que apresenta grande estabilidade e durabilidade, para resistir às cargas do tráfego e ação dos agentes climáticos, quando adequadamente compactadas.

Normas utilizadas:

- DNIT 139/2010 – ES;
- ABNT NBR 12265/1992.

Aspecto da camada de solo-brita

Fonte: site: nucleodoconhecimento.com.br

Execução de Camada de Solo-brita

Usina de Solos:

Móvel

Fixa

Fonte: site: margui.com.br - 2022

Execução de Camada de Solo-brita

Caminhão basculante adaptado com "Spread"

Caminhão multidistribuidor de agregados

Fonte: site: afsulmaquinas.com.br - 2022

Especificações e Materiais – Base

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, para a camada de base granulometricamente estabilizada, deverá ser atendido o seguinte:

- Índice de Suporte Califórnia – ISC ≥ 80,0%;
- Limite de Liquidez (LL) máximo igual a 25%
- Índice de Plasticidade máximo igual a 6,0%;
- Expansibilidade ≤ 0,5%;
- Equivalente de Areia mínimo igual a 30%;
- Compactação na Energia Modificada.

Normas utilizadas:

- DNIT 141/2010 – ES;
- ABNT NBR 12263/1991.

Materiais utilizados em Bases

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, temos:

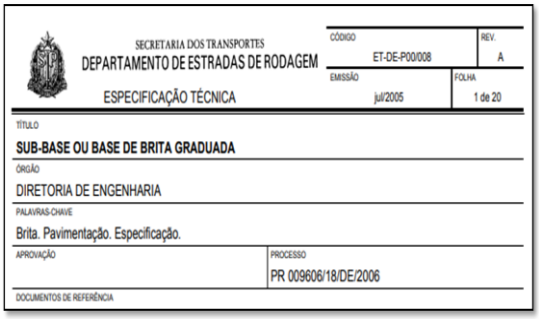
a) Brita Graduada Simples – BGS

Material proveniente de uma mistura de produtos de britagem de rocha sã nas proporções adequadas traçada em usina misturadora de solos.

Normas utilizadas:

- ET – DE – P00/008 – Julho 2005 - DER-SP;
- ES – P 05/2018 - DER-PR.

Normas utilizadas:



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO	REV.
ET-DE-P00/008	A
EMISSÃO	FOLHA
jul/2005	1 de 20

TÍTULO
SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA
ÓRGÃO
DIRETORIA DE ENGENHARIA
PALAVRAS-CHAVE
Brita. Pavimentação. Especificação.
APROVAÇÃO | PROCESSO
PR 009606/18/DE/2006
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Fonte: www.der.sp.gov.br

DER PARANÁ

DER/PR ES-P 05/18

PAVIMENTAÇÃO: BRITA GRADUADA

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR
Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
www.der.pr.gov.br

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 27/03/2018
Deliberação n.º 060/2018
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 05/05
Autor: DER/PR (DT/CPD)
Palavra-chave: base, sub-base, brita graduada
13 páginas

Fonte: www.der.pr.gov.br

Ensaios a serem realizados na BGS

Agregados e Mistura:

- Desgaste no ensaio de Abrasão Los Angeles (NBR 16974/2022), inferior a 50%;
- Equivalente de Areia do Agregado Miúdo (NBR 12052/1992), superior a 55%;
- Índice de Forma superior a 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10% (DNIT 424/2020 – ME);
- Perda no ensaio de Durabilidade com solução de sulfato de sódio (DNER 089/94 – ME);
- Ensaio de Compactação na Energia Modificada, como ISC ≥ 100% e Expansibilidade igual ou inferior a 0,3%.

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Exemplos de Execução de Brita Graduada Simples (BGS)

Fonte: Obra – EPTG – DER-DF - 2009

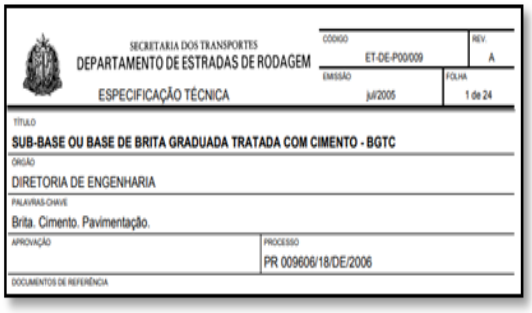
b) Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC

É o produto resultante da mistura, em usina, de pedra britada, **cimento** Portland e água em proporções determinadas experimentalmente. Essa mistura têm sido frequentemente utilizada na construção de pavimentos semi-rígidos para atender ao crescimento de tráfego e das cargas por eixo. Com teores de cimento Portland, variando entre 4,0 a 6,0%

Normas utilizadas:

- ET – DE – P00/009 – Julho 2005 - DER-SP;
- ES – P 16/2018 - DER-PR.

Normas utilizadas:



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO	REV.
ET-DE-P00/009	A
EMISSÃO	FOLHA
jul/2005	1 de 24

TÍTULO
SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO - BGTC
ÓRGÃO
DIRETORIA DE ENGENHARIA
PALAVRAS-CHAVE
Brita. Cimento. Pavimentação.
APROVAÇÃO | PROCESSO
PR 009606/18/DE/2006
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Fonte: www.der.sp.gov.br

DER/PR ES-P 16/18

PAVIMENTAÇÃO: BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR
Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
www.der.pr.gov.br

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 27/03/2018
Deliberação n.º 060/2018
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 16/05
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavra-chave: base; sub-base; brita graduada tratada com cimento | 14 páginas

Fonte: www.der.pr.gov.br

Ensaios a serem realizados na BGTC

Agregados e Mistura:

- Desgaste no ensaio de Abrasão Los Angeles (NBR 16974/2022), inferior a 50%;
- Equivalente de Areia do Agregado Miúdo (NBR 12052/1992), superior a 55%;
- Índice de Forma superior a 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10% (DNIT 424/2020 – ME);
- Perda no ensaio de Durabilidade com solução de sulfato de sódio (DNER 089/94 – ME);
- Ensaio de Compactação na Energia Intermediária, como GC ≥ 100% (DNIT 164/2013 – ME).

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

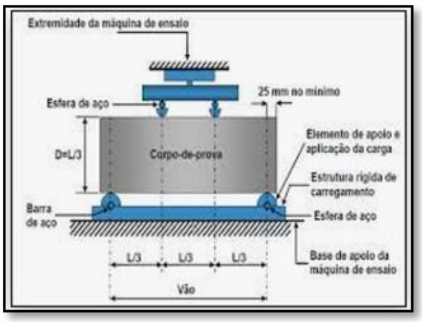
- Ensaio de Resistencia à Compressão Axial Simples (DNER 091/98 ou ABNT NM 101/1996), normalmente são as resistências requeridas em Projeto, sendo: aos 07 dias 3,5 MPa e aos 28 dias 5,0 MPa;

- Ensaio de Resistência a Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222/2011), normalmente adotado nos Projetos – 1,0 MPa, aos 28 dias.

Ensaios:

Compressão Axial Simples

Tração na Flexão



Fonte: Palestra Eng. Rubens Curti - ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Exemplos de Execução de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC)

Fonte: site: nucleodoconhecimento.com.br

Fonte: www.mapadaobra.com.br

c) Solo-Brita-Cimento

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

Norma utilizada:

• ET – DE – P00/007 – Março 2006 - DER-SP;

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Normativa:

SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO	REV.
ET-DE-P00/007	B
EMISSÃO	FOLHA
mar/2006	1 de 28

TÍTULO
SUB-BASE OU BASE DE SOLO-BRITA-CIMENTO

ÓRGÃO
DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE
Solo. Cimento. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO
	PR 010372/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Fonte: www.der.sp.gov.br

Especificações Técnicas e Ensaios – Solo-Brita-Cimento

- Limite de Liquidez – LL < 40%, conforme (DNER 122/94 – ME ou NBR 6459/2016);
- Índice de Plasticidade – IP < 18%;
- A granulometria da brita deve ser tal que passe 100% na peneira de 38,0 mm (1”e ½”), conforme (NBR 7181/2016);
- Desgaste no ensaio de Abrasão Los Angeles (NBR 16974/2022), inferior a 50%;
- Índice de Forma superior a 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10% (DNIT 424/2020 – ME);
- Perda no ensaio de Durabilidade com solução de sulfato de sódio (DNER 089/94 – ME);

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

- A porcentagem máxima em peso de solo seco a incorporar à mistura é 40%;
- Se o teor de cimento incorporado à mistura, variar entre 2,0 a 4,0%, temos que:

  ✓ Índice de Suporte Califórnia – ISC ≥ 80,0%.

Se o teor de cimento incorporado à mistura, for superior a 5,0%, temos que:

✓Ensaio de Resistencia à Compressão Axial Simples (DNER 091/98 ou ABNT NM 101/1996), normalmente são as resistências requeridas em Projeto, sendo: aos 07 dias 3,5 MPa e aos 28 dias 5,0 MPa;

- Ensaio de Resistência a Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222/2011), normalmente adotado nos Projetos – 1,0 MPa, aos 28 dias.

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

d) Solo-Cal-Cimento

É a mistura, executada em pista, composta por solo, cimento, cal e água, adequadamente compactada e submetida a processo eficiente de cura.

Segundo a norma técnica do DER-PR, os teores mínimos a serem adotados na composição da mistura, tanto para a cal quanto para o cimento, são de 3,0%, em relação à massa do solo seco.

Norma utilizada:

• ES – P 14/2005 - DER-PR.

Normativa:

DER/PR ES-P 14/05

PAVIMENTAÇÃO: SOLO-CAL-CIMENTO

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR
Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/transportes

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005
Deliberação n.º 281/2005
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 12/91
Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavras-chave: reforço do subleito, base, sub-base, solo-cal-cimento

14 páginas

Fonte: www.der.pr.gov.br

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

e) Brita Graduada Melhorada com Cimento - BGMC

Material proveniente de uma mistura de produtos de britagem de rocha sã nas proporções adequadas traçada em usina misturadora de solos, com adição de 2,0 a 3,0% de cimento Portland. Com o intuito de auferir a mistura maior coesão e capacidade de suportar esforços de cisalhamento.

Esta mistura tem sido testada pelas Concessionárias, esta solução ainda não possui normatização.

f) Concreto Compactado com Rolo (CCR)

É também conhecido como concreto rolado, é a camada do pavimento construída por concreto simples (com baixo consumo de cimento) e consistência seca, onde a compactação é realizada com rolos compactadores ou equipamentos similares. Possui certas similaridades com a BGTC. Com um consumo de cimento entre 85 e 120 kg/m^3.

Normas utilizadas:

ET – DE – P00/044 – janeiro 2006 – DER-SP;
DNIT 056/2013 – ES

Fonte: site: mapadaobra.com.br

Normativas:

SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO: ET-DE-P00/044 | REV.: A
EMISSÃO: jan/2006 | FOLHA: 1 de 23

TÍTULO
CONCRETO COMPACTADO COM ROLO PARA SUB-BASE OU BASE DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

ÓRGÃO
DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE
Concreto. Rolado. Cimento.

APROVAÇÃO | PROCESSO
PR 010372/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Fonte: www.der.sp.gov.br

DNIT

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-330
Tel./fax: (21) 3545-4600

Outubro/2013 | NORMA DNIT 056/2013-ES

Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR
Processo: 50607.002821/2012-71
Origem: Revisão da norma DNIT 056/2004-ES
Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de: 21/10/2013.

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: Sub-base, concreto de cimento Portland, concreto rolado
Total de páginas: 11

Fonte: www.gov.br/dnit/ipr

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

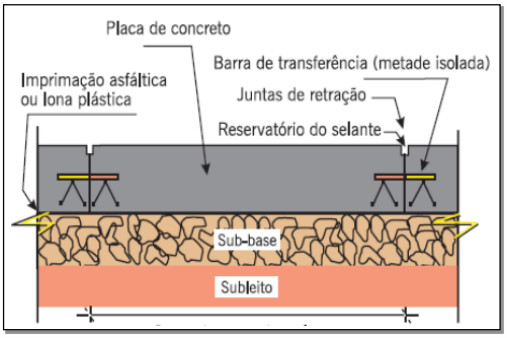
Exemplos de Execução de CCR

Fonte: site: mapadaobra.com.br

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Pavimento com Revestimento de Concreto

Aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.



Fonte: site: nucleodoconhecimento.com.br

Tipos de Pavimentos de Concreto

Existem basicamente seis tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimento de Concreto Simples (PCS);
- Pavimento de Concreto Armado (PCA);
- Pavimento de Concreto com Armadura Contínua (PCAC);
- Pavimento de Concreto Protendido (PCPRO);
- Pavimento de Concreto Pré Moldado (PCPM);
- Whitetopping (WT).

Estudo do Traço do Concreto

A experiência mostra que no concreto destinado à execução de pavimento de concreto, os aspectos principais na definição do traço, são:

a)Relação água-cimento (a/c);
b)O teor de argamassa e
c)O teor de argamassa, expresso sob a forma de água unitária (consumo de água por m^3 de concreto) ou pela relação água-mistura seca que variam entre limites muito próximos, o que reduz de forma significativa o trabalho experimental.

Para o Estudo do Traço, Caracterização dos Materiais e Ensaios no Concreto poderá ser utilizada a Norma DNIT 054/2004 – PRO.

Para os ensaios de controle da qualidade do concreto durante a execução do pavimento de concreto, deverão ser seguidas as seguintes normativas:

a) DNIT 047/2004-ES – Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte – Especificação de serviço;
b) DNIT 048/2004-ES – Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho – Especificação de serviço;
c) DNIT 049/2004-ES – Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante – Especificação de serviço;
d) DNIT 059/2004-ES – Pavimento Rígido – Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo – Especificação de serviço;
e) DNIT 066/2004-ES – Pavimento Rígido – Construção em peças pré-moldadas de concreto de cimento Portland – Especificação de serviço;

f) DNIT 068/2004-PRO – Pavimento Rígido – Execução de camada superposta de concreto do tipo Whitetopping por meio mecânico – Procedimento;

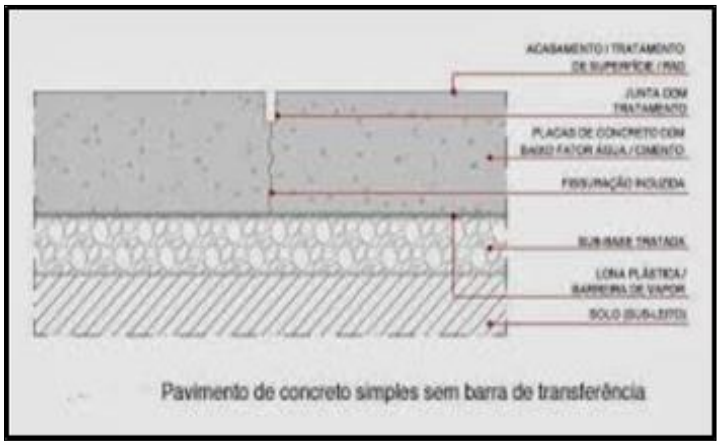
g) DNER-ES-AO 36/96 – Sobre-laje (pavimento de concreto) em tabuleiro de obras de arte (pontes e viadutos).

a) Pavimento de Concreto Simples (PCS)

Segundo o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, é constituído por um concreto de alta resistência que combate integralmente os esforços de tração na flexão . É notório nesse tipo de pavimento, uma espessura elevada e uma grande quantidade de juntas serradas, para controle de retração.

Podendo ser de duas formas:

1) Pavimento de Concreto Simples sem barras de transferência.

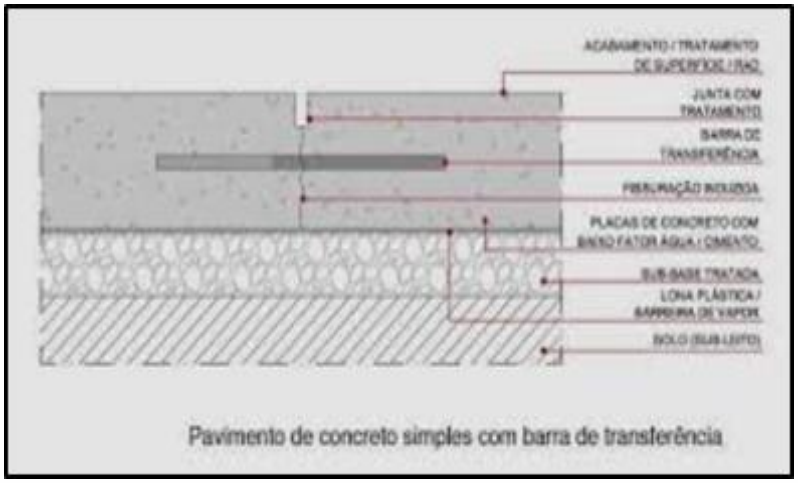


Fonte: site: clubedoconcreto.com.br

Esforços do tráfego nas placas sem barras de transferência:

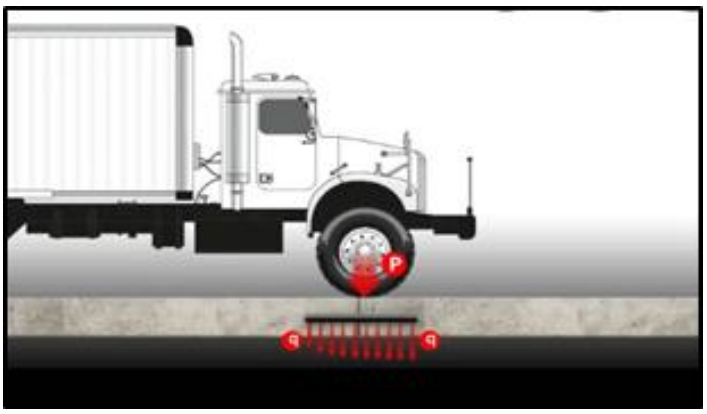
Fonte: site: clubedoconcreto.com.br

2) Pavimento de Concreto Simples com barras de transferência.



Fonte: site: clubedoconcreto.com.br

Esforços do tráfego nas placas com barras de transferência:

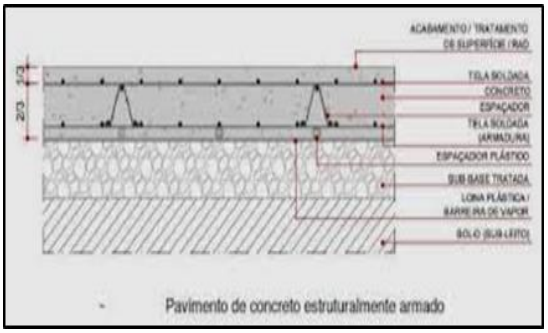


Fonte: site: clubedoconcreto.com.br

b) Pavimento de Concreto Armado (PCA)

Segundo o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, é formado por uma sequência, ou um conjunto de placas armadas. As armaduras são resistentes aos esforços de tração que por sua vez permitem a execução de placas de dimensões maiores do que no concreto simples. Em relação ao Pavimento de Concreto Simples, a espessura do Pavimento de Concreto Armado é reduzida, bem como sua própria resistência à compressão.

Exemplos de Pavimento de Concreto Armado (PCA)



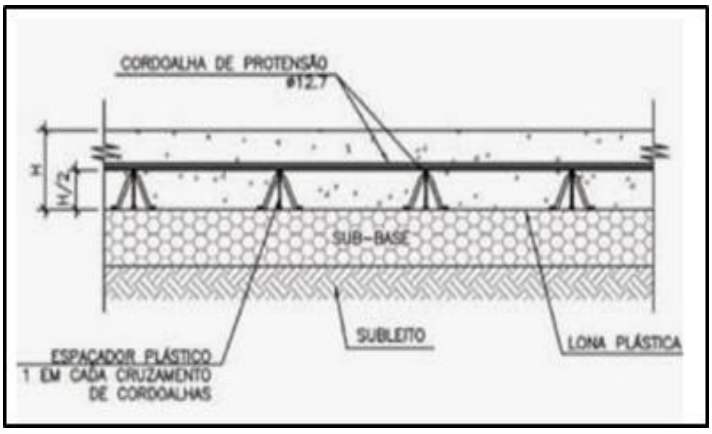
Fonte: www.clubedoconcreto.com.br

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

c) Pavimento de Concreto Protendido (PCPRO)

Segundo o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, é aquele no qual é realizado uma protensão prévia ou posterior antes da solicitação por cargas externas no pavimento. Os Pavimentos de Concreto Protendidos permitem a execução de grandes placas de concreto, com espessuras inferiores àquelas aplicadas no Pavimento de Concreto Simples e no Pavimento de Concreto Armado. Além disso, o Pavimento de Concreto Protendido possui vantagens na redução do número total de juntas do pavimento.

Exemplo de Pavimento de Concreto Protendido (PCPRO)



Fonte: site: repositorio.pucgoias.edu.br

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

d) Pavimento de Concreto Pré Moldado (PCPM)

Segundo o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, é o tipo de pavimentação que é constituída por peças pré-moldadas de concreto, com diversos formatos, colocadas justapostas, com ou sem articulação.

Exemplos de Pavimento de Concreto Pré Moldado (PCPM)

Fonte: www.clubedoconcreto.com.br

e) Whitetopping (WT)

Segundo o Eng. Marcos Dutra da Associação Brasileira de Concreto Portland (ABCP), consiste no uso de concreto para a reabilitação de pavimentos asfálticos deteriorados. Sem a necessidade de grandes obras, o concreto é aplicado diretamente sobre o asfalto, já que este serve como uma espécie de sub-base para a aplicação.

Normatização:

• DNIT 068/2004 – ES.

Normativa:

DNIT

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-330
Telifax: (0xx21) 3371-5888

NORMA DNIT 068/2004 - ES

Pavimento Rígido - Execução de camada superposta de concreto do tipo whitetopping por meio mecânico - Especificação de serviço

Autor: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

Processo: 50.600.004.558/2003-24

Aprovação pela Diretoria Executiva do DNIT na reunião de: 25 / 11 / 2004

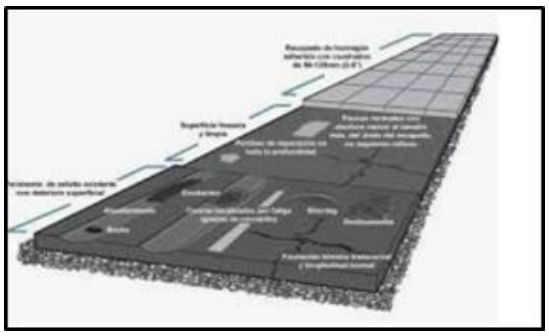
Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:	Nº total de páginas
concreto tipo Whitetopping, pavimento rígido, especificação	17

Fonte: www.gov.br/dnit/ipr

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Exemplo de Pavimento em Whitetopping (WT)



Fonte: www.clubedoconcreto.com.br

Itens a serem controlados no Pavimento de Concreto:

- Amostragem dos materiais
- Produção do concreto
- Consistência
- Teor de ar incorporado
- Resistência à tração na flexão
- Resistência à compressão axial
- Texturização
- Cura
- Conforto de rolamento

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Controle dos materiais:

• Controle de recebimento dos materiais constituintes do concreto:

✓**Fornecedor**
✓**Origem**
✓**Características**

• Amostragem:

✓**A cada lote de concreto produzido**

• Quantidade:

✓**Suficiente para execução dos ensaios programados**

Controle do concreto na usina:

• Registro de todo concreto produzido ainda na usina:

✓**identificação do caminhão;**
✓**volume de concreto;**
✓**hora de adição da água;**
✓**ensaio de consistência;**
✓**determinação do teor de ar incorporado.**

• Formação de lotes a cada 1000 m^3

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Consistência

- Amostragem

✓**A amostragem do concreto deve ser realizada conforme estabelece a ABNT NBR 16886;**

✓**O ensaio de abatimento do concreto deve ser realizado conforme o que estabelece a ABNT NBR 16889.**

Ensaio de Consistência

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Teor de Ar Incorporado

- Ensaio de Determinação do teor de ar incorporado pelo método pressométrico: ABNT NBR 16887
  - ✓**A cada caminhão até constância de resultados (três resultados iguais consecutivos);**
  - ✓**Todos os caminhões serão amostrados sempre que houver a moldagem de corpos-de-prova (moldagem na usina);**
- Critério de aceitação:
  - ✓**Abatimento e teor de ar de acordo com o estabelecido na dosagem de concreto.**

Ensaio de Teor de Ar Incorporado

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Controle na Pista

- Recebimento

✓**Consistência;**

✓**Teor de ar incorporado.**

✓**Moldagem de corpos de prova:**

➢**Cilíndricos;**

➢**Prismáticos**

Resistência à Tração na Flexão

- Amostragem:

✓**Lote não maior que 1000 m³ e nem corresponder à uma área concretada com mais de 5000 m²;**

✓**32 exemplares de 2 corpos de prova prismáticos e/ou cilíndricos cada, por lote.**

- Ensaio: ABNT NBR 5738:2015 (Moldagem) e ABNT NBR 12142:2010 (Ensaio de Tração na Flexão):

✓**Molde prismático 15 X 15 X 50 cm ou 10 x 10 x 40 cm;**

✓**Molde cilíndrico 10 x 20 cm ou 15 x 30 cm.**

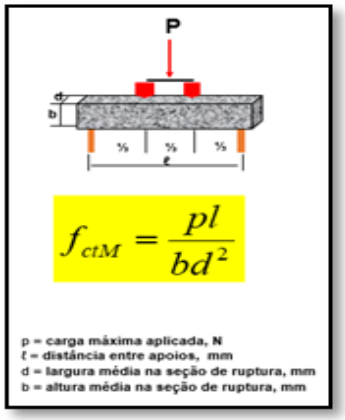
Moldagem dos corpos de prova prismáticos

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Cura dos corpos de prova

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Ensaio de Tração na Flexão



$$f_{ctM} = \frac{pl}{bd^2}$$

p = carga máxima aplicada, N
ℓ = distância entre apoios, mm
d = largura média na seção de ruptura, mm
b = altura média na seção de ruptura, mm

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Resistência à Compressão Axial

- Amostragem:

  ✓**Lote não maior que 1000m³ e nem corresponder à uma área concretada com mais de 5000m²;**

  ✓**32 exemplares de 2 corpos de prova cilíndricos cada, por lote.**

- Ensaio: ABNT NBR 5738:2015 (Moldagem) e ABNT NBR 5739:2018 (Ensaio de Resistência à Compressão):

  ✓**Molde: cilíndrico 15 x 30 cm ou cilíndrico 10 x 20 cm.**

Execução da Cura

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

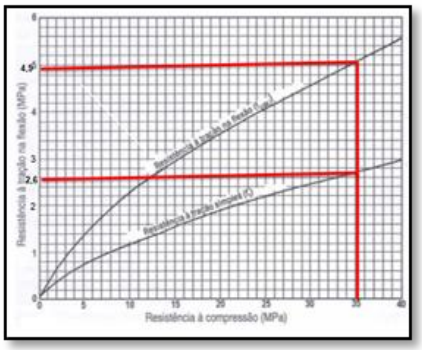
Ensaio de Compressão Axial Simples

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Correlação

Resistência à Compressão x Tração na Flexão e Resistência à Compressão x Tração Simples



$$f_{ctm,j} = 0{,}56x(f_{cj})^{0,6}$$

Utilizável apenas após obtenção de correlação confiável entre $f_{ctm,j}$ e $f_{ck,j}$ e aprovação da fiscalização.

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Texturização

Consiste de prover de ranhuras a superfície do pavimento, aumentando o atrito entre ele e os pneumáticos. Serve também como uma espécie de microdrenagem, que evite a formação de lâminas d'água capazes de produzir a hidroplanagem.

Processo Mecânico

Processo Manual

Aparência

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Verificação da Qualidade da Texturização

- Verificações:
  - ✓**Homogeneidade;**
  - ✓**Acabamento.**
- Ensaio de mancha de areia:
  - ✓**Areia passante na peneira de abertura 0,25 mm e retida na peneira de 0,18 mm (ASTM E 965).**
- Limites:
  - ✓**0,6 mm a 1,2 mm (Altura).**

Ensaio de Mancha de Areia

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Necessidade de Cura do Concreto

A cura é um procedimento que visa retardar a evaporação da água empregada na preparação da mistura, permitindo assim a completa hidratação do cimento. Executada durante as primeiras etapas de endurecimento, a atividade pode ser realizada de diferentes maneiras, dependendo da situação.

A cura visa minimizar:

- Retração Plástica;
- Assentamento Plástico;
- Retração Hidráulica ou por Secagem;
- Retração Autógena;
- Retração Térmica.

Métodos de Cura

- Cura com materiais selantes:
  - ✓**Cura química;**
  - ✓**Filme plástico;**
  - ✓**Papel reforçado.**
- Cura úmida:
  - ✓**Imersão ou piscina;**
  - ✓**Névoa ou aspersão;**
  - ✓**Mantas e materiais que retenham água;**

Aplicação do Agente de Cura

- Aplicação logo após a finalização do acabamento:
  - ✓**Após desaparecer o brilho superficial;**
  - ✓**Não tão tarde, para o agente de cura não ser absorvido pelo concreto.**
- Problemas que podem ocorrer na aplicação:
  - ✓**A taxa de evaporação pode exceder a ascensão de água da exsudação, nesse caso a superfície irá apresentar um aspecto seco, mesmo que a exsudação ainda não tenha cessado.**

Execução da Aplicação da Cura Química

Processo Mecânico

Processo Manual

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Características do Agente de Cura

Composição

- Base
  - ✓**Diluição em água**
  - ✓**Dissolução em solvente**
- Formador de membrana
  - ✓**Cera**
  - ✓**Resina**
- Pigmento

Classificação

- ASTM C 309
  - ✓**Coloração e teor de sólidos**
    - ➢**Tipo 1 – Transparente;**
    - ➢**Tipo 1d – Transparente com cor transitória;**
    - ➢**Tipo 2 – Pigmento branco:**
      - ❖**Classe A – sem restrições (cera natural ou derivado de petróleo);**
      - ❖**Classe B - composição a base apenas de resina.**

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Requisitos de Desempenho

- Retenção de água.
- Refletância.
- Tempo de secagem.
- Não tóxico.
- Não inflamável.
- Não reagir deleteriamente com o cimento.
- Consistência para ser aplicado por aspersão com cobertura uniforme.
- Não prejudicar a aderência da sinalização horizontal.

Métodos de Ensaios e Critérios de Desempenho

Retenção de água

- **Método: ASTM C 156**
- **Critério: ASTM C 309**

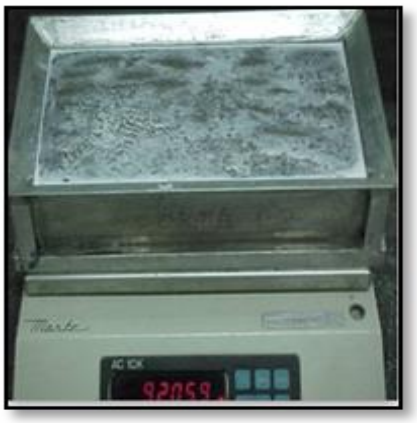
✓Perda de massa ≤ 0,55 kg/m^2 em 72 h;

✓Temperatura: (37,8 ± 1,1)^o C;

✓Umidade: (32 ± 2)%

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Aplicação



Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Permanência na Estufa

Temperatura: (37,8 ± 1,1) ºC
Umidade: (32 ± 2)%

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Métodos de Ensaio e Critérios de Desempenho

- **Refletância**
  - ✓Método: ASTM C 1347
  - ✓Critério: ASTM C 390
    - ➢Refletância ≥ 60% da luz do dia
- **Tempo de secagem**
  - ✓Método: ASTM C 309
  - ✓Critério: ASTM C 309
    - ➢Seco ao toque ≤ 4 h

- **Reação deletéria ao concreto**
  - ✓Método: ASTM C 390
  - ✓Critério: ASTM C 390
    - ➢dureza superficial igual ao corpo-de-prova curado nas mesmas condições, mas sem a aplicação do agente de cura.

Teste do Risco

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida Secretaria de Economia GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Mecanismo de Ação

A cura normalmente é feita com a aplicação de um aditivo que após a aplicado na superfície do concreto, ocorre a evaporação da parte líquida e em seguida a cera ou a resina forma a uma membrana na superfície.

Essa membrana é que irá retardar a perda de água por evaporação, maximizando a hidratação do cimento e minimizando a retração plástica.

Fonte: Palestra: Eng. Rubens Curti – ABCP

Escola de Governo do Distrito Federal | Secretaria Executiva de Valorização e Qualidade de Vida | Secretaria de Economia | GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

http://egov.df.gov.br