

PRISCILA OLIVEIRA DELMIRO DA SILVA

ANÁLISE CRÍTICA DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE PROJETO
REFERENTES AO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND UTILIZADO
EM OBRA AEROPORTUÁRIA DE PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA

RECIFE

2011

PRISCILA OLIVEIRA DELMIRO DA SILVA

ANÁLISE CRÍTICA DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE PROJETO
REFERENTES AO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND UTILIZADO
EM OBRA AEROPORTUÁRIA DE PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil,
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof.^o Tibério Wanderley Correia
de Oliveira Andrade

RECIFE

2011

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

S856a Silva, Priscila Oliveira Delmiro da.
Análise crítica das especificações técnicas de projeto referentes ao concreto de cimento Portland utilizado em obra aeroportuária de pavimentação rígida / Priscila Oliveira Delmiro da Silva. - Recife: O Autor, 2011.
76 folhas : Il, Graf., Tabs.

Orientador: Prof^o. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia Civil, 2011.

Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Concreto de Cimento. 3. Obras Aeroportuárias – Especificações Técnicas. 4. Cimento Portland - ABNT. I. Andrade, Tibério Wanderley C. de Oliveira (Orientador). II. Título.

UFPE

624

CDD (22. ed.)

BCTG/2012- 004

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os que se esforçam por alcançar suas metas, contribuindo assim por um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela iluminação, coragem e outras dádivas concedidas a mim durante toda a trajetória acadêmica.

Aos pais, pela compreensão, apoio e ânimo em todos os momentos.

Aos demais parentes, amigos e colegas pela contribuição e companheirismo.

Ao professor Tibério, pela valiosa orientação neste trabalho.

E a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

As especificações técnicas de projetos referentes às obras de engenharia civil devem possuir um padrão de qualidade que assegure o bom êxito do empreendimento. O concreto de cimento Portland, material amplamente utilizado na construção civil, deve ter sua produção e execução bem elaboradas nas especificações técnicas, principalmente no que diz respeito ao seu controle tecnológico, ferramenta de extrema importância na avaliação da qualidade. Em obras aeroportuárias o cumprimento destes requisitos é essencial devido aos fatores de segurança, durabilidade e qualidade característicos da operação aeroportuária. O presente estudo pretende realizar uma análise crítica das especificações técnicas de uma obra de pavimentação rígida com a utilização de concreto cimento Portland, com o objetivo de avaliar os aspectos positivos e negativos de sua elaboração tendo como referência os conceitos técnicos baseados nas normas da ABNT e DNIT.

Palavras-chave: especificações técnicas, concreto de cimento Portland, controle tecnológico, ABNT, DNIT.

ABSTRACT

The technical specifications of projects related to civil engineering works must have a quality standard that ensures the success of the enterprise. The Portland cement concrete, material widely used in construction, must have its well elaborate production and execution in the technical specifications, particularly with regard to its technological control, extremely important tool in quality assessment. Airport works in compliance with these requirements is essential due to the factors of safety, durability and quality characteristics of the airport operation. The present study intends to conduct a critical analysis of the technical work of a rigid pavement with the use of Portland cement concrete, in order to assess the positive and negative aspects of its development with reference to the technical concepts based on the ABNT and DNIT.

Keywords: technical specifications, Portland cement concrete, technological control, ABNT, DNIT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Seção transversal típica de uma pista de três faixas de tráfego – pavimento rígido. (Fonte: Senço, 1997)	16
Figura 2: Exemplo de junta transversal de retração serrada. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	17
Figura 3: Exemplo de junta transversal de retração com barras de transferência. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	18
Figura 4: Exemplo de junta de dilatação com barra de transferência. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	18
Figura 5: Exemplo de junta longitudinal tipo encaixe “macho-e-fêmea”. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	19
Figura 6: Exemplo de junta longitudinal tipo seção enfraquecida. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	19
Figura 7: Exemplo de junta longitudinal com barra de ligação. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	19
Figura 8: Exemplo de junta longitudinal com barra de ligação tipo encaixe “macho-e-fêmea”. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)	20
Figura 9: Usina de concreto (Fonte: ABCP, 2009)	37
Figura 10: Exemplo de acabamento da placa de concreto. (Fonte: ABCP, 2009)....	39
Figura 11: Exemplo de texturização da superfície de acabamento do concreto. (Fonte: ABCP, 2009)	39
Figura 12: Exemplo de corte de juntas (Fonte: ABCP, 2009)	40
Figura 13: Exemplo de aplicação de agente de cura. (Fonte: ABCP, 2009)	42
Figura 14: Exemplo de selagem de juntas (Fonte: ABCP, 2009)	43
Figura 15 (a): Dispositivo de flexão; (b) Detalhe do elemento de aplicação de carga (Fonte: NBR 12142)	45
Figura 16: Ruptura a uma distância do terço médio não superior a 5% de l (Fonte: NBR 12142)	46
Figura 17: Disposição do corpo de prova. (Fonte: NBR 7222)	49
Figura 18: Molde cilíndrico de dimensão básica 150 mm. (Fonte: DNER-ME 046-98)	50

Figura 19: Corte de A. (Fonte: DNER-ME 046-98)	51
Figura 20: Representação gráfica do projeto de restauração do Pátio Sul, com indicação das placas de concreto a serem substituídas	57
Figura 21: Assentamento das placas de concreto prevista em projeto	58
Figura 22: Detalhe do uso do cordão de polietileno expandido	61
Figura 23: Detalhe do uso de Dow Corning 890 SL	61
Figura 24: Junta longitudinal com encaixe tipo macho-fêmea	67
Figura 25: Junta transversal de construção.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teores dos componentes do cimento Portland comum conforme a NBR 5732/91	25
Tabela 2: Exigências químicas, segundo a NBR 5732/91	26
Tabela 3: Exigências físicas e mecânicas de acordo com a NBR 5732/91.....	27
Tabela 4: Exigências físicas e mecânicas (facultativas) conforme a NBR 5732/91..	27
Tabela 5: Limites máximos para a expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloreto e sulfatos presentes nos agregados segundo a NBR 7211/2009..	29
Tabela 6: Requisitos de desempenho de aditivos, segundo a NBR 11768/91.....	32
Tabela 7: Ensaio e tolerâncias, conforme a NBR 11768/91.....	33
Tabela 8: Tolerâncias de tempo relativas ao rompimento dos corpos-de-prova segundo a NBR 5739	47
Tabela 9: Fator de correção, conforme a NBR 5739	48
Tabela 10: Tolerância de tempo para o ensaio de compressão, de acordo com a DNER-ME 091/98	52
Tabela 11: Coeficiente de distribuição de Student, segundo a DNIT 047/2004	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	10
1.2 Objetivos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Licitação	12
2.2 Pavimento	15
2.3 Especificações aeroportuárias de pavimento	20
2.4 Cimento Portland	21
2.5 Normas regulamentadoras da execução do Cimento Portland	23
3. METODOLOGIA APLICADA	55
4. ESTUDO DE CASO	56
4.1 Descrição da Obra	56
4.2 Aspectos de Projeto	58
4.3 Aspectos de Produção	63
4.4 Aspectos de Execução	65
4.5 Controle Tecnológico	70
5. CONCLUSÃO	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1. INTRODUÇÃO

As especificações técnicas definem as características, condições ou requisitos exigíveis para matérias-primas, elementos de construção e produtos industriais; com o objetivo de assegurar a resistência e a qualidade da obra prevista. Portanto, se constituem em fundamental importância nos projetos de Engenharia Civil como parte das licitações e contratos da administração pública.

Em obras aeroportuárias, nas quais requisitos como segurança e qualidade são imprescindíveis, as especificações técnicas de projeto se constituem na principal ferramenta de controle de execução e qualidade, principalmente no que diz respeito à utilização do concreto de cimento Portland, material vastamente utilizado nas construções.

As normas e diretrizes consultadas na elaboração das especificações técnicas são geralmente publicadas pela ABNT e outros órgãos reguladores de atividades dos diversos ramos da Engenharia Civil.

Apenas uma análise crítica dos materiais envolvidos no projeto é capaz avaliar a utilização dos mesmos, demonstrando a eficiência técnica dos ensaios empregados com o objetivo de garantir a segurança, qualidade e tempo de vida útil da obra.

1.1 Justificativa

O fator mais pertinente que pode ser utilizado como justificativa do presente trabalho é o questionamento das especificações técnicas por parte das empresas contratadas para a execução dos serviços, além da existência de conflitos entre as partes interessadas numa obra devido à natureza da qualificação técnica dos envolvidos, distinta em alguns aspectos e geralmente baseada em experiências próprias providas ou não de respaldo técnico suficiente para a execução dos serviços.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo geral realizar uma análise crítica concernente à utilização do concreto de cimento Portland em obra aeroportuária de pavimentação rígida detalhada nas especificações técnicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, este trabalho pretende:

- Justificar os procedimentos descritos nas especificações técnicas do projeto no caso de concordância com as normas concernentes ao tipo de obra analisada, ou
- Questionar e propor soluções, gerais ou específicas em situações nas quais não seja comprovada a conformidade com as normas padronizadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Licitação

A Lei que prescreve critérios gerais sobre licitações e contratos administrativos concernentes a obras, serviços e compras no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios é a Lei n.º 8.666, de 21 de junho de 1993. Além dos órgãos da administração direta, os fundos especiais, as autarquias, as fundações públicas, as empresas públicas, as sociedades de economia mista e demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios estão subordinadas ao estatuto desta Lei. (Saraiva, 2003)

Em uma licitação deve-se assegurar o cumprimento do fundamento constitucional da isonomia, que consiste na igualdade civil e política. A seleção da proposta é feita considerando-se a que oferece mais vantagens para a Administração. Sua verificação e avaliação são feitas em rigorosa concordância com os princípios indispensáveis da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes atribuem reciprocidade.

Para o processo licitatório, a Lei 8.666/93 considera as seguintes definições :

- Obra = consiste na realização direta ou indireta de toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação.
- Serviço = define-se por toda atividade cujo objetivo é a obtenção de certa utilidade de interesse para a Administração, como: demolição, conserto, instalação, montagem, adaptação, manutenção, transporte e etc.
- Compra = compreende a aquisição remunerada de bens para fornecimento único ou em parcelas;
- Execução direta = é a execução que é realizada pelos órgãos e entidades da Administração, pelos próprios meios;

- Execução indireta = é a execução que o órgão ou entidade contrata com terceiros, sob quaisquer dos seguintes regimes: empreitada por preço global, empreitada por preço unitário, empreitada integral e tarefa;
- Projeto Básico = consiste no conjunto de elementos necessários e satisfatórios, com exatidão adequada de caracterização da obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação. Deve ser elaborado com embasamento nas indicações dos estudos técnicos preliminares, garantindo a praticabilidade técnica e o tratamento apropriado do impacto ambiental do empreendimento, permitindo assim a avaliação do custo da obra e a designação dos métodos e do prazo de execução.
- Projeto Executivo = compreende o conjunto dos elementos essenciais e satisfatórios à execução completa da obra, conforme as normas referentes à Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- Administração Pública – é a administração direta e indireta da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, compreendendo até mesmo as entidades com personalidade jurídica de direito dirigidas pelo poder público e das fundações estabelecidas e preservadas pelo mesmo.
- Administração = é o órgão, entidade ou unidade administrativa pela qual a Administração Pública realmente opera e age;
- Imprensa Oficial = veículo oficial de publicação da Administração Pública. Para a União consiste no *Diário Oficial da União*; para os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, consiste no que for designado em suas respectivas leis;
- Contratante = compreende o órgão ou entidade signatária do instrumento contratual;
- Contratado = consiste na pessoa física ou jurídica signatária de contrato com a Administração Pública;
- Comissão = comissão, permanente ou especial, criada pela Administração com as atribuições de recebimento, análise e julgamento de todos os documentos e processos referentes às licitações e ao cadastramento de licitantes.

2.1.1 Projeto Básico

A Lei 8.666 também determina que um projeto básico deve ter um perfil que assegure o desenvolvimento da solução escolhida conferindo à obra um panorama global da obra, além da identificação de todos os seus elementos constitutivos de uma forma nítida.

Desta forma, as soluções técnicas globais e localizadas devem ser bem detalhadas com o objetivo de reduzir a necessidade de reformulação ou mudanças durante as etapas de elaboração do projeto executivo, de realização das obras e instalação.

A devida identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos incorporados à obra é um requisito essencial do Projeto Básico. Logo, suas especificações devem garantir os melhores resultados para o projeto em questão, sem impedir o caráter competitivo para a sua execução do mesmo. O estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e as circunstâncias organizacionais para a obra devem ser facilitados por informações, mantendo-se ainda o caráter competitivo para a sua execução.

A montagem da organização da licitação e gerência da obra, aspectos estes que abrangem a sua programação, a estratégia de suprimentos, os critérios de fiscalização e outros dados necessários em cada caso devem estar baseados em subsídios. Outro elemento fundamental do Projeto Básico é o detalhamento do orçamento total da obra, estabelecido em função dos quantitativos de serviços e suprimentos devidamente avaliados.

2.1.2 Projeto Executivo

O Manual de Obras Públicas (SEAP, 1997) apresenta uma definição mais abrangente de Projeto Executivo. Segundo este manual, o Projeto Executivo é o conjunto de informações técnicas imprescindíveis e satisfatórias para a execução do empreendimento, apresentando seu conteúdo com clareza e precisão apontando de forma integral todas as indicações e detalhes construtivos para a exata instalação, montagem e execução dos serviços e obras objeto do contrato.

O detalhamento e os eventuais ajustes do Projeto Básico se constituem na base da análise do orçamento detalhado da realização dos serviços e obras abrangidos pelo Projeto Executivo.

O Projeto Executivo também é constituído por um relatório técnico, contendo a revisão e integralização do memorial descritivo e do memorial de cálculo apresentados na referida fase de desenvolvimento do projeto, além da representação gráfica de todos os detalhes construtivos formulados com origem no Projeto Básico aprovado. Diferentemente do Projeto Básico, a elaboração do Projeto Executivo antes da realização da licitação é dispensável (SEAP, 1997)

2.2 Pavimento

O pavimento é uma estrutura erigida sobre a terraplenagem com o objetivo técnico e econômico de:

- a) Resistir aos esforços verticais procedentes do tráfego, possibilitando sua devida distribuição;
- b) Atender aos requisitos de conforto e segurança, permitindo o melhoramento das condições de pavimento;
- c) Conferir mais durabilidade a superfície de rolamento através da resistência aos esforços horizontais causadores de desgaste.

É o estabelecimento de uma estrutura de várias camadas de espessuras finitas sobre um semi-espço infinito que se constitui como fundação desta estrutura, o subleito.

A transmissão das cargas solicitantes de um pavimento é feita através das rodas pneumáticas dos veículos (Senço, 1997).

2.2.1 Pavimentos Rígidos

Os pavimentos rígidos são aqueles que apresentam pouca deformação devido à elevada rigidez apresentada pelo revestimento/base em relação às

camadas inferiores; desta forma, todas as tensões provenientes do carregamento aplicado são praticamente absorvidas. Quando propensos a deformações, rompem por tração na flexão (Senço, 1997).

2.2.1.1 Camadas do pavimento rígido

Senço (1997) também define as camadas de um pavimento rígido (Figura 1):

- Subleito – é o terreno que compreende a fundação do pavimento.
- Sub-base – é a camada que integraliza a base, nas situações em que não é viável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito.
- Base – é a camada que tem como função resistir aos esforços oriundos do tráfego, distribuindo-os. Desta forma, o pavimento pode ser composto de base e revestimento, visto que a base pode ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço de subleito. O concreto de cimento se constitui no tipo de base que mais se caracteriza como rígida, podendo ou não ser armada com barras metálicas. As funções de base e revestimento podem ser exercidas simultaneamente por uma placa de concreto.
- Revestimento – é a camada que recebe a ação direta do tráfego, proporcionando condições de conforto e segurança e assegurando à estrutura a impermeabilidade e a durabilidade. O concreto de cimento é considerado como o melhor revestimento rígido.

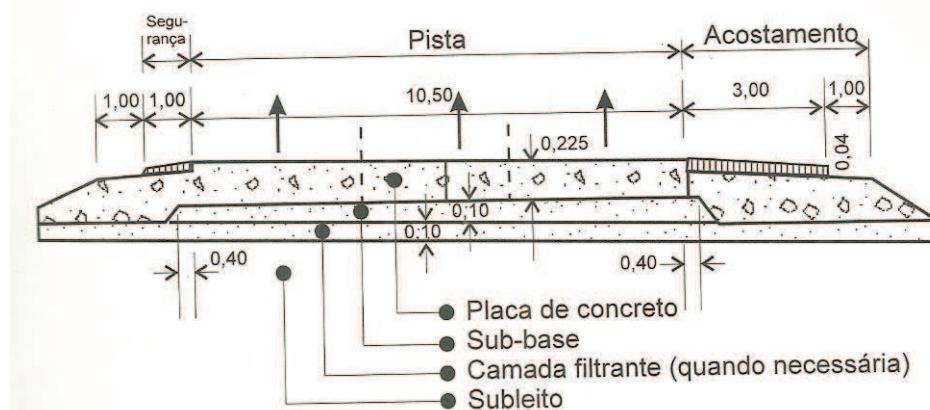


Figura 1: Seção transversal típica de uma pista de três faixas de tráfego – pavimento rígido. (Fonte: Senço, 1997)

2.2.1.2 Juntas transversais

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2004), as juntas transversais são aquelas construídas no sentido da largura da placa de concreto. Quanto às suas utilidades, as juntas transversais são dos seguintes tipos:

- De retração (ou contração) – tem como função o controle de fissuras resultantes da contração volumétrica do concreto (Figura 2).
- De retração com barras de transferência – também são transversais, mas têm a função adicional de transferência de carga de uma placa para outra (Figura 3).
- De construção – juntas especiais necessárias em situações nas quais a pavimentação efetiva termina onde ocorre uma junta transversal de retração (conforme projeto) ou em imprevistos como chuva forte, quebra do equipamento ou atraso no lançamento do concreto, interferindo na concretagem da placa antes de atingir a junta transversal projetada.
- De expansão (ou dilatação) – juntas especiais utilizadas em cruzamentos assimétricos de vias com larguras sensivelmente distintas e nos encontros de pavimentos com outras estruturas (Figura 4).

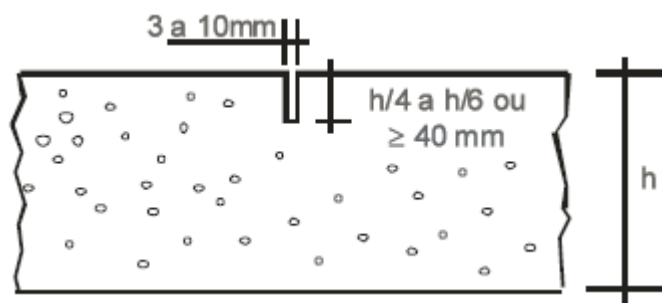


Figura 2: Exemplo de junta transversal de retração serrada. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)

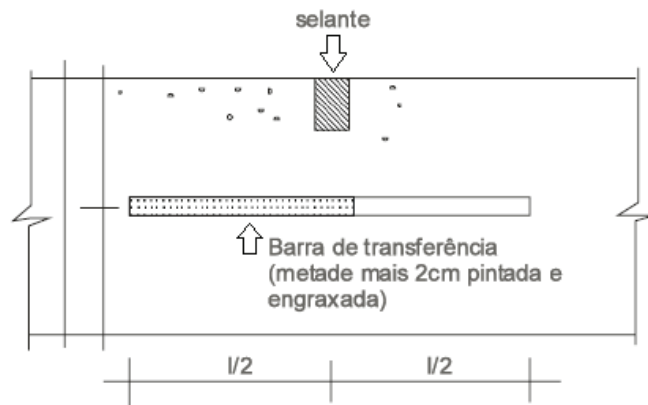


Figura 3: Exemplo de junta transversal de retração com barras de transferência.
(Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)

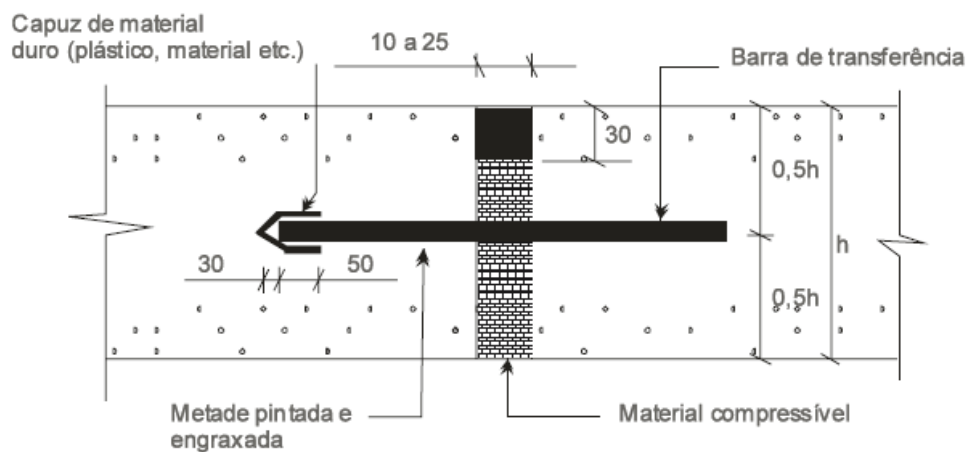


Figura 4: Exemplo de junta de dilatação com barra de transferência. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)

2.2.1.3 Juntas longitudinais

São juntas empregadas para o controle das fissuras longitudinais resultantes do empenamento do concreto. As juntas longitudinais tipo encaixe “macho-e-fêmea” e tipo seção enfraquecida estão representadas pelas Figuras 5 e 6, respectivamente.

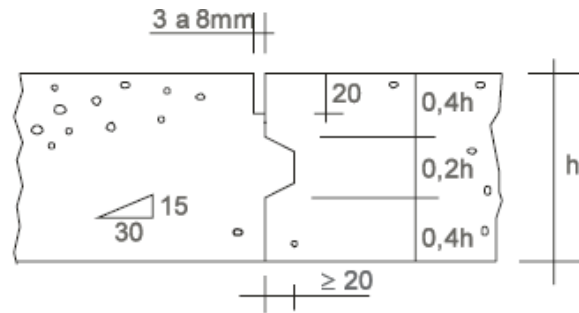


Figura 5: Exemplo de junta longitudinal tipo encaixe “macho-e-fêmea”. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004).

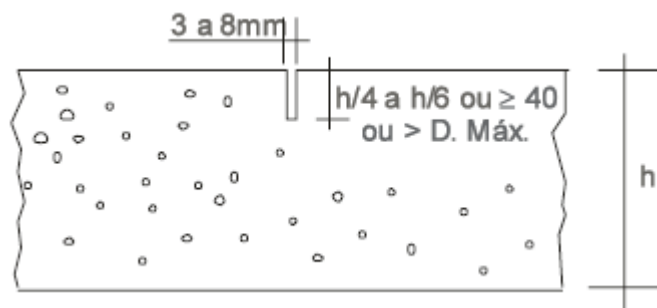


Figura 6: Exemplo de junta longitudinal tipo seção enfraquecida. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004).

2.2.1.4 Juntas longitudinais com barras de ligação

Este tipo de junta tem a mesma função da junta longitudinal, porém a colocação do dispositivo de ligação é feita quando há necessidade de se manter as faixas de tráfego livres de possíveis movimentos laterais, possibilitando a transferência de carga pelo entrosamento dos agregados (Figura 7) ou pelo encaixe tipo “macho-e-fêmea” (Figura 8).

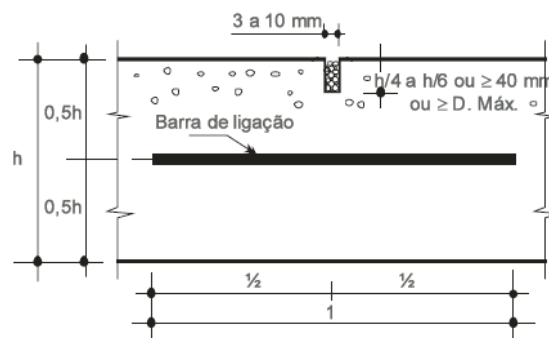


Figura 7: Exemplo de junta longitudinal com barra de ligação. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)

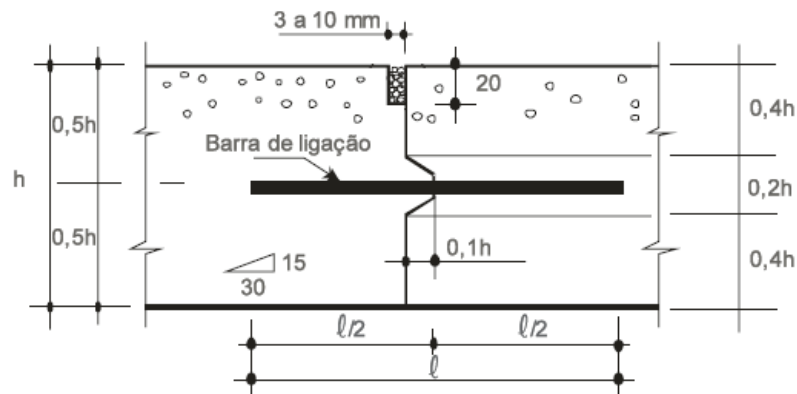


Figura 8: Exemplo de junta longitudinal com barra de ligação tipo encaixe “macho-e-fêmea”. (Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2004)

2.3 Especificações aeroportuárias de pavimentos

Em aeroportos, os pavimentos rígidos devem ser constituídos de concreto de cimento Portland disposto sobre uma camada de sub-base granular ou tratada, que por sua vez deve estar sobre o subleito compactado. Não há necessidade de sub-base considerando certas condições. (AC 150/5320 – 6C, 1978).

O revestimento de concreto deve ainda garantir uma superfície antiderrapante admissível, de forma a impedir a infiltração de água da superfície, fornecendo suporte estrutural para a aeronave. Desta forma, a qualidade do concreto, as misturas, os testes e ensaios de controle, os métodos de construção e manejo e a qualidade do acabamento devem atender às especificações previstas no projeto (AC 150/5320 – 6C, 1978).

O Anexo 14 da OACI (1999) traz as seguintes definições:

- Aeródromo – área compreendida em terra ou na água com o objetivo de ser empregada para a chegada, partida e movimentação de aeronaves.
- Área de manobras – é a parte do aeródromo empregada para a decolagem, pouso e táxi de aeronaves consistindo nas pistas de táxi, pouso e decolagem, excetuando-se os pátios de aeronaves.
- Pátio de manobras – consiste numa área com a função de acomodação de aeronaves, possibilitando o embarque e desembarque, carregamento ou

descarregamento de cargas, correio, abastecimento, estacionamento ou manutenção.

Este documento ainda recomenda que as partes constituintes de um pátio de manobras devem ter a capacidade de suporte do tráfego de aeronaves para os quais foi projetada, visto que devido à maior densidade de tráfego em algumas parcelas do pátio há maiores níveis de compressão do que a pista de pouso e decolagem, efeito direto da lenta movimentação ou mesmo parada de aeronaves.

2.4 Cimento Portland

De acordo com Bauer (2008), o Cimento Portland é um produto final da pulverização do clínquer, formado principalmente por silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa quantidade de sulfato de cálcio natural, incluindo casualmente acréscimo de algumas substâncias que alteram suas propriedades ou facilitam seu emprego. O clínquer (Bauer, 2008) é um produto granuloso, como resultado da calcinação da mistura destes materiais, submetida até a temperatura de sua fusão inicial.

Bauer (2008) ainda define as propriedades físicas do cimento Portland segundo três aspectos distintos: características do produto em seu estado natural, em pó, da mistura de cimento e água e medidas adequadas de pasta e, por fim, da mistura da pasta com agregado normatizado (argamassas). Tais propriedades são úteis tanto para o controle de aceitação do produto quanto para a avaliação de suas qualidades levando em consideração seus devidos fins de utilização. A seguir, as principais propriedades físicas do cimento Portland:

- Densidade: seu valor apresenta variabilidade com o tempo, aumentando à medida em que avança o processo de hidratação. Esta ocorrência, na verdade, complexa, recebe o nome de retração. A densidade absoluta do cimento Portland é geralmente considerada como 3,15, podendo variar em valores levemente inferiores. Este valor é utilizado em cálculos de consumo do produto nas misturas geralmente feitas com base nos volumes específicos dos constituintes.

- **Finura:** este conceito está relacionado ao tamanho dos grãos do produto. Pode ser definida por duas formas distintas: pelo tamanho máximo do grão ou pelo valor da superfície específica. Este fator praticamente controla a velocidade da reação de hidratação do produto, tendo sua importância verificada em várias qualidades de pasta, das argamassas e dos concretos.
- **Tempo de pega:** este fenômeno abrange o avanço das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, que é uma propriedade física sucessiva ao processo químico de hidratação. Numa definição mais precisa, é o momento em que a pasta adquire a consistência que a torna inadequada a um trabalho.
- **Pasta de cimento:** compreende os conceitos de ocorrência de pega do cimento, cuja regulação é feita considerando-se os tipos de aplicação do material, no qual o processamento é feito em períodos superiores a uma hora após o início da mistura. As operações de manuseio do material, mistura, transporte, lançamento e adensamento têm o seu desenvolvimento neste tempo, mas há casos em que o tempo de pega deve ser alterado por meio da utilização de aditivos, de acordo com a consistência desejada.
- **Resistência:** esta propriedade é avaliada através da ruptura à compressão de corpos-de-prova realizados com argamassa, sendo o Brasil um dos poucos países nos quais se utilizam corpos-de-prova cilíndricos. Não apenas a forma do corpo-de-prova, mas as suas dimensões, o traço da argamassa, sua consistência e o tipo de areia empregado são fatores cujas especificações diferem de um país para outro.
- **Exsudação:** consiste na segregação que ocorre nas pastas de cimento, quando os grãos de cimento, mais pesados que a água envolvente dos mesmos, sofrem sedimentação, surgindo assim um afloramento da água em excesso. Logo, a água acumulada na superfície é chamada de exsudação, consistindo num fator de prejuízo à uniformidade, a resistência e a durabilidade dos concretos.

Bauer (2008) também afirma haver uma relação entre as propriedades químicas do cimento Portland e o processo de endurecimento por hidratação do mesmo. As propriedades químicas do cimento Portland têm uma breve descrição a seguir:

- Estabilidade: esta propriedade está intimamente ligada às expansões volumétricas posteriores ao endurecimento do concreto, resultante da hidratação de cal e magnésia livre nele presentes. Através de ensaios de expansão em autoclave é possível a determinação da estabilidade do cimento.
- Calor de hidratação: calor característico das reações de hidratação. Seu conhecimento é essencial na avaliação do surgimento de trincas de contração ao fim do resfriamento da massa. A evolução de calor varia com a composição do cimento.
- Resistência aos agentes agressivos: propriedade essencialmente importante nas situações em que os concretos estão em contato direto com a água, visto que a mesma pode conter substâncias químicas suscetíveis a reações com alguns constituintes do cimento presentes nos concretos, nas quais é inevitável o surgimento de fenômenos de agressividade.
- Reação álcali-agregado: esta reação pode ser definida como formação de produtos gelatinosos acompanhada por uma grande expansão de volume devido a combinação dos álcalis presentes no cimento com a sílica ativa casualmente presente nos agregados. Constitui-se num fator prejudicial à durabilidade dos concretos.

2.5 Normas regulamentadoras da execução de concreto cimento Portland

A norma DNIT 047/2004 estabelece as condições requisitadas para a construção de pavimentos rígidos, de concreto simples de cimento Portland, através do processo mecânico com equipamento de pequeno porte.

Sobre as condições gerais, a DNIT 047/2004 determina que as placas de concreto devem ser assentadas sobre uma sub-base executada com material e espessura definidos no projeto. Esta sub-base não deve apresentar expansibilidade nem ser bombeável, garantindo às placas de concreto a uniformidade de suporte no decorrer do tempo. A composição do concreto destinado à execução de pavimentos rígidos deve ser determinada de acordo com as normas NBR 12655 e NBR 12821,

com o objetivo de obter-se uma mistura fresca com trabalhabilidade adequada ao processo construtivo considerado. Deve também garantir um produto endurecido compacto e durável, com baixa permeabilidade, satisfazendo às condições de resistência mecânica e acabamento superficial impostas pelas especificações do projeto de pavimento.

O recebimento e armazenamento dos materiais constituintes do cimento Portland deve ser feito conforme as recomendações das normas DNIT 050/2004 e DNER-EM 037.

Quando às condições específicas, a DNIT 047/2004 estabelece diretrizes em relação aos materiais, equipamentos utilizados e procedimentos adotados na execução do pavimento, além do controle tecnológico recomendado.

2.5.1 Materiais

2.5.1.1 Cimento Portland

A DNIT 047/2004 recomenda os seguintes tipos de cimento Portland à pavimentação de concreto simples: CP-I (Portland Comum – NBR 5732), CP-II (Portland Composto – NBR 11578), CP-III (Portland de Alto Forno – NBR 5735) e CP IV (Portland Pozolânico – NBR 5736).

2.5.1.1.1 Cimento Portland Comum

A NBR 5732/91 define o cimento Portland comum como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer, sendo permitida durante a mesma a adição de mistura de materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos segundo os teores especificados na Tabela 1.

Componentes (% em massa)					
Sigla	Classe de Resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP I	25	100	0		
	32				
	40				
CP I-S	25	99 - 95	1 – 5		
	32				
	40				

Tabela 1: Teores dos componentes do cimento Portland comum conforme a NBR 5732/91.

Os cimentos Portland são designados pelas siglas CP I e CP I – S, que correspondem respectivamente ao Cimento Portland comum e ao Cimento Portland comum com adição.

A norma ainda estabelece que o cimento deve ser entregue em sacos, contêiner e granel. Em caso de entrega em sacos, a identificação dos mesmos deve se basear em siglas e classes correspondentes de forma visível. Quanto ao armazenamento, este deve ser feito em locais bem secos e protegidos mantendo-se a qualidade e facilitando o acesso à inspeção e à identificação de cada lote. As pilhas não podem ultrapassar dez sacos de altura, devendo ser colocadas sobre estrados secos.

Segundo a NBR 5735/91, que prescreve as condições necessárias para o recebimento do cimento Portland de alto-forno (CP III), o cimento armazenado a granel ou contêiner deve ser reensaiado se o período de tempo de armazenamento ultrapassar os seis meses, devendo ser rejeitado se não atender às exigências da referida norma.

Os cimentos Portland comuns devem atender a algumas exigências químicas, tais como:

- Teor de material carbonático utilizado como adição = 85% de CaCO_3 ;

- Atendimento aos requisitos da NBR 5735 em caso de adição de escória de alto-forno;
- Na utilização de material pozzolânico como adição, sua atividade aos 28 dias de idade deve ser de no mínimo 75%;
- Com o objetivo de garantir a durabilidade do concreto, nos casos de cimento destinado a emprego em concretos constituídos por agregados com alto potencial reativo devem ser realizados estudos específicos para avaliação do uso de materiais pozzolânicos ou de escória granulada de alto-forno, restringindo a reação.
- As exigências químicas da Tabela 2 devem ser observados nos cimentos Portland comuns.

Determinações químicas	Limites (% da massa)	
	CP I	CP I-S
Resíduo insolúvel (RI)	$\leq 1,0$	$\leq 5,0$
Perda ao fogo (PF)	$\leq 2,0$	$\leq 4,5$
Óxido de magnésio (MgO)	$\leq 6,5$	
Trióxido de enxofre (SO ₃)	$\leq 4,0$	
Anidrido carbônico (CO ₂)	$\leq 1,0$	$\leq 3,0$

Tabela 2: Exigências químicas, segundo a NBR 5732/91.

Quando às exigências físicas e mecânicas, a norma 5732 estabelece as seguintes prescrições:

- Quando for comprovado que o teor total de cloretos de cimento acarreta comprometimento da durabilidade da peça ou da estrutura do concreto, a contribuição deste teor no teor total de cloretos solúveis em água deve ser estabelecida.
- Através do ensaio de determinação de resíduo insolúvel deve ser realizada a determinação do teor de material pozzolânico, considerando-se a insolubilidade parcial do clínquer e a solubilidade parcial do material pozzolânico.
- A determinação do índice de consistência da argamassa normal deve ser realizada sempre que necessário, sendo os valores-limites estabelecidos através de comum acordo entre as partes interessadas.

- As exigências indicadas nas Tabelas 3 e 4 devem ser atendidas; porém, a Tabela 3 é facultativa, apenas deve ser atendida quando solicitada.

Características e propriedades		Unidade	Limites de classe		
			25	32	40
Finura	Resíduo na peneira 75 µm	%	≤ 12,0		≤ 10,0
	Área específica	m ² /kg	≥ 240	≥ 260	≥ 280
Tempo de início de pega		h	≥ 1,0		
Expansibilidade a quente		mm	≤ 5,0		
Resistência à compressão	3 dias de idade	MPa	≥ 8,0	≥ 10,0	≥ 15,0
	7 dias de idade	MPa	≥ 15,0	≥ 20,0	≥ 25,0
	28 dias de idade	MPa	≥ 25,0	≥ 32,0	≥ 40,0

Tabela 3: Exigências físicas e mecânicas de acordo com a NBR 5732/91.

Características e propriedades	Unidade	Limites	
		CP I	CP I-S
Expansibilidade a frio	mm	≤ 5	
Tempo de fim de pega	h	≤ 10	
Teor de material pozolânico + escória + material carbonático	%	0	≤ 5

Tabela 4: Exigências físicas e mecânicas (facultativas) conforme a NBR 5732/91.

2.5.1.2 Agregados

Segundo a DNIT 047/2004, as características dos agregados graúdos e miúdos devem atender às exigências da norma NBR 7211.

2.5.1.2.1 Agregado graúdo

A NBR 7211/2009 define agregado graúdo como materiais granulares oriundos de rochas, inertes e de características semelhantes, cujos grãos passam na peneira da malha quadrada com abertura nominal de 75 mm e ficam retidos na peneira de 4,75 mm.

Sobre as condições gerais da composição de agregados, a NBR 7211/2009 estabelece que os agregados devem ser constituídos de grãos minerais duros,

estáveis, duráveis e limpos, não sendo permitida a existência de substâncias que afetem a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão e a durabilidade; os limites da composição granulométrica também são fixados pela NBR 7211/2009. A DNER-EM 037/97 acrescenta ainda que tais agregados também não devem conter qualquer material que seja reativo com os álcalis do cimento, a fim de se evitar a expansão prejudicial, típica da reação álcali-agregado. Para um maior controle, deve ser realizado o ensaio de reatividade álcali-agregado.

A NBR 7211/2009 da mesma forma estabelece limites máximos em porcentagem do peso do material das quantidades de substâncias nocivas, cujos valores máximos não devem ser excedidos, conforme descritos a seguir:

a) Torrões de argila:

- Em concreto aparente = 1,0;
- Em concreto submetido a desgaste superficial = 2,0;
- Nos demais concretos = 3,0;

b) Materiais carbonosos:

- Em concreto aparente = 0,5;
- Em concreto não aparente = 1,0;

c) Material pulverulento = 1,0;

A DNER-EM 037/97 determina que o resultado do ensaio de abrasão Los Angeles deve ser inferior a 50%. Quanto a resistência ao esmagamento, é adequado o valor de 65% para concretos sujeitos a desgaste superficial e 55% para os demais concretos. Quando submetido ao ensaio de durabilidade, o agregado não deve apresentar perda superior a 12%, sendo esta exigência prescindida em situações nas quais o emprego do concreto é realizado em estruturas que não estejam expostas às intempéries.

A NBR 7211/2009 ainda determina a realização dos ensaios concernentes às propriedades físicas – massas específicas absoluta e aparente e absorção de água, ciclagem natural, ciclagem artificial água/estufa, ciclagem com etilenoglicol, teor de partículas leves, umidade total – e às propriedades mecânicas – módulo de deformação estático e coeficiente de Poisson de rochas, resistência ao esmagamento, desgaste por abrasão e resistência à compressão da rocha.

2.5.1.2.2 Agregado miúdo

A NBR 7211/2009 define agregado miúdo como agregado cujos grãos passam pela peneira de 4,75 mm. Os limites da distribuição granulométrica também são definidos pela NBR 7211/2009.

Quanto aos limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo em relação à massa do material, a NBR 7211/2009 dispõe os seguintes valores, em porcentagem:

- a) Torrões de argila = 3,0;
- b) Materiais carbonosos:
 - Em concreto aparente = 0,5;
 - Em concreto não aparente = 1,0;
- c) Material pulverulento:
 - Em concreto submetido a desgaste superficial = 3,0;
 - Em concretos protegidos do desgaste superficial = 5,0;
- d) Impurezas orgânicas: a solução obtida no ensaio colorimétrico deve ser mais clara do que a solução padrão. A diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos é de 10%;

Quanto à durabilidade, a NBR 7211/2009 prescreve os limites máximos para a expansão devida à reação álcali-agregado em agregados provenientes de regiões litorâneas ou extraídos de águas salobras ou ainda em suspeita de contaminação natural ou industrial segundo a Tabela 5.

Determinação	Método de ensaio	Limites
Teor de cloretos	ABNT NBR 9917 ABNT NBR 14832	< 0,2% concreto simples
		< 0,1% concreto armado
		< 0,01% concreto protendido
Teor de sulfatos	ABNT NBR 9917	< 0,1%

Tabela 5: Limites máximos para a expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloreto e sulfatos presentes nos agregados segundo a NBR 7211/2009.

Segundo a NBR 7211/2009, devem ser realizados ensaios especiais para o agregado miúdo, segundo suas propriedades físicas: massa específica, massa unitária, absorção de água, inchamento, teor de partículas leves e umidade superficial.

2.5.1.3 Água

Segundo a DNER-EM034/97, as águas utilizadas em argamassa e concreto de cimento não devem conter substâncias como óleos, álcalis, sais, matéria orgânica e outras prejudiciais; as águas potáveis, então, satisfazem as condições de águas limpas necessárias a destinação em argamassa e concreto de cimento.

A DNIT 047/2004 estabelece que a aceitação da água destinada ao amassamento do concreto deve se basear nos seguintes limites máximos:

- Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido) = 3 mg/l;
- Resíduo sólido = 5000 mg/l;
- Potencial de hidrogênio (pH) = 5 mín – 8 máx;
- Sulfato (expresso em íons SO₄) = 600 mg/l;
- Cloretos (expressos em íons CL) = 1000 mg/l
- Açúcar = 5 mg/l;

Estes limites devem ser determinados de acordo com os ensaios químicos prescritos na DNIT 036/2004-ME.

Se houver suspeita quanto a água a ser empregada em concreto de cimento, devem ser realizados ensaios comparativos de tempo de pega e de resistência à compressão, realizados respectivamente em pasta e argamassa de cimento, de acordo com a norma DNIT 037/2004. A condição satisfatória da água examinada deve ser determinada de acordo com as especificações das NBR 11580, NBR 11581 e NBR 037/2004-ME.

2.5.1.4 Aditivos

A DNIT 047/2004 recomenda o uso de aditivos conforme as exigências da norma NBR 11768.

A NBR 11768/92 define os aditivos como produtos que são adicionados em pequena quantidade aos concretos de cimento Portland com o objetivo de uma melhor adequação a determinadas condições, alterando algumas propriedades.

Os principais tipos de aditivos são:

- Aditivo Plastificante (tipo P) – é o produto que amplia o índice de consistência do concreto mantendo-se a quantidade de água de amassamento, ou possibilitando a redução de, no mínimo, 6% do total de água de amassamento, produzindo um concreto com certa consistência.
- Aditivo retardador (tipo R) – é o produto que amplia os tempos de início e fim de pega do concreto.
- Aditivo acelerador (tipo A) – produto que reduz os tempos de início e fim de pega do concreto, acelerando, desta forma, o avanço das suas resistências iniciais.
- Aditivo plastificante retardador (tipo PR) – produto que efetua combinação de efeitos dos aditivos plastificante e retardador.
- Aditivo plastificante acelerador (tipo PA) – produto que efetua uma combinação de efeitos dos aditivos plastificante e acelerador.
- Aditivo incorporador de ar (tipo IAR) – é o produto responsável pela incorporação de pequenas bolhas de ar ao concreto.
- Aditivo superplastificante (tipo SP) – possui a mesma atribuição do aditivo plastificante, porém com a possibilidade de redução de 12% da quantidade de água de amassamento.
- Aditivo superplastificante retardador (tipo SPR) – produto que efetua uma combinação de efeitos dos aditivos superplastificante e retardador.
- Aditivo superplastificante acelerador (tipo SPA) – produto que efetua uma combinação de efeitos dos aditivos superplastificante e acelerador.

Quanto às condições específicas, o aditivo em exame deve ter suas propriedades comparadas com o concreto de referência, além de se encaixar nos padrões da Tabela 6.

Com exceção dos aditivos incorporadores de ar (tipo IAR), os demais, quando adicionados aos concretos sem ar incorporado, não devem acrescentar um teor de ar maior do que 3,0%; quando adicionados aos concretos com ar incorporado não devem acrescentar um teor de ar maior do que 5,0%. Podem ser determinados parâmetros para a perda do abatimento no decorrer do tempo, em razão das necessidades específicas de cada obra.

A uniformidade e equivalência dos lotes devem ser verificados através de ensaios que tomem como referência os resultados da amostra inicial para os resultados das amostras subsequentes, satisfazendo as tolerâncias da Tabela 7.

A DNIT 047/2004 determina que, inicialmente, a dosagem do aditivo do concreto deve atender à recomendada pelo fabricante. Porém, esta dosagem pode ser alterada para mais ou para menos em função dos efeitos obtidos, tipo de cimento empregado na obra e outras condições. Esta dosagem, fixada no início da concretagem, não deve ser alterada, exceto em casos nos quais haja modificações expressivas nas características dos materiais.

Propriedades			Tipos de Cimento									
			P	R	A	PR	PA	IAR	SP	SPR	SPA	
Redução de água (% mínima)			6	-	-	6	6	-	12	12	12	
Tempos de pega (h:min) (MB-2665)	início	no mínimo	-	+ 1:00	- 1:00	+ 1:00	+ 1:00			+ 1:00	- 1:00	
		não mais que	- 1:00 - 1:30	+ 3:30	- 3:30	+ 3:30	- 3:30	+ 1:15 - 1:30	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	- 3:30	
	fim	no mínimo	-	-	- 1:00	-	- 1:00	-	-	-	- 1:00	
		não mais que	- 1:00 - 1:30	+ 3:30	-	+ 3:30	-	+ 1:15 - 1:30	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	-	
		Exsudação de água (%) (ASTM C 232)		no máximo	-	-	-	-	-	2	-	-
(%) mínima	Resistência à compressão (% mínima) (MB-3)	12 h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150
		3 dias	110	90	125	110	125	90	140	125	125	125
		7 dias	110	90	100	110	110	90	125	125	125	125
		28 dias	110	90	100	110	110	90	115	115	100	100
		90 dias	110	90	90	110	100	90	110	110	100	100
		180 dias (opcional)	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100
	Resistência à tração por compressão diametral (MB-212) ou tração por flexão (MB-3483)	3 dias	100	90	110	100	100	90	110	110	120	
		7 dias	100	90	100	100	100	90	100	100	110	
		28 dias	100	90	90	100	100	90	100	100	100	100
Mudança de comprimento NB-1401	0,030 % (máxima)		135	135	135	135	135	120	135	135	135	
	< 0,030% (aum. Máximo)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,006	0,01	0,01	0,01	

Tabela 6: Requisitos de desempenho de aditivos, segundo a NBR 11768/91.

Ensaio		
pH		± 1
Teor de sólidos	Líquidos	$\pm 5\%$
	Não líquidos	$\pm 4\%$
Massa específica		$\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$
Teor de cloretos		$\pm 10\%$

Tabela 7: Ensaio e tolerâncias, conforme a NBR 11768/91.

2.5.1.5 Material selante de juntas

Segundo a DNIT 047/2004, o material selante de juntas deve ser de produção industrial, podendo ser moldado a quente, a frio ou pré-moldado, atendendo aos requisitos da norma DNIT 046/2004.

A DNIT 046/2004 determina que os materiais selantes apresentem boa aderência ao substrato do concreto das bordas das juntas, possuindo também capacidade de deformação que suporte as movimentações das placas do pavimento, não apresentando expressiva alteração pelo envelhecimento. Ainda deve apresentar baixa deformação permanente, baixa absorção de água e resistência ao rasgamento, à tração, ao puncionamento e à abrasão.

2.5.1.6 Material de enchimento das juntas de dilatação

A DNIT 047/2004 estabelece o emprego de fibras trabalhadas, cortiça, borracha esponjosa, poliestireno ou pinho sem nó devidamente impermeabilizado como material de enchimento da parte inferior das juntas de dilatação.

2.5.1.7 Película isolante e impermeabilizante

Segundo a DNIT 047/2004, para a película isolante e impermeabilizante existente entre a placa do pavimento e a sub-base podem ser utilizados:

- Membrana plástica, flexível, com espessura entre 0,2 mm e 0,3 mm;
- Papel do tipo “Kraft” betumado, com gramatura mínima igual a 200 g/m², contendo uma quantidade de cimento asfáltico de petróleo ou alcatrão não inferior a 60g/m²;
- Execução de pintura betuminosa com emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média, com taxa de aplicação entre os limites de 0,8 l/m² e 1,6 l/m².

2.5.1.8 Materiais para cura do concreto

A DNIT 047/2004 determina que os materiais utilizados para cura do concreto podem ser água, tecido de juta, cânhamo ou algodão, lençol plástico, lençol de papel betumado ou alcatroado e compostos químicos com capacidade de formação de películas plásticas. O lençol plástico e o lençol de papel betumado devem apresentar as mesmas características requisitadas em seu emprego como material isolante. Os compostos químicos líquidos devem ser à base de PVA ou polipropileno, apresentando pigmentação branca ou clara, atendendo aos requisitos da norma ASTM-C 309. Os tecidos devem apresentar-se limpos, absorventes, sem furos, apresentando um peso de no mínimo 200g/m², quando secos.

2.5.1.9 Concreto

Segundo a DNIT 047/2004, o concreto de pavimento deve atender aos seguintes requisitos:

- Resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) definida no projeto ou a resistência característica a compressão axial equivalente (f_{ck}) com a condição de que seja feita a correlação entre estas resistências em ensaio, com a utilização dos materiais que efetivamente serão usados na obra:
 1. A determinação da resistência à tração na flexão deve ser feita conforme os procedimentos das NBR 5738 e NBR 12142.

2. A resistência à compressão axial deve ser determinada em corpos-de-prova cilíndricos, conforme os procedimentos das NBR 5738 e NBR 5739.
 3. A idade de controle da resistência característica deve ser aquela definida em projeto.
- Consumo mínimo de cimento ($C_{mín}$) = 320 kg/m³;
 - Relação água/cimento máxima (A/C) $\leq 0,50$ l/kg;
 - Abatimento, determinado conforme a NBR 7223 = 70 mm + 10 mm;
 - A dimensão máxima do agregado não deve exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento ou 50 mm, obedecendo ao menor valor;
 - Teor de ar, determinado conforme a NBR NM 47 $\leq 0,5\%$;
 - Exsudação, medida conforme a NBR NM 102 $\leq 1,5\%$.

2.5.1.10 Assentamento de formas e preparo para a concretagem

A DNIT 047/2004 determina que as formas devem ser assentadas à camada subjacente, com firmeza suficiente baseada no alinhamento do eixo da pista. Deve ser feita a fixação de ponteiros de aço de forma a fornecer suporte aos esforços inerentes ao trabalho, sem deslocamento. As formas devem ser calçadas em toda a sua extensão, evitando-se apoios isolados.

O topo das formas deve coincidir com a superfície de rolamento projetada, sendo necessária a verificação do alinhamento e nivelamento. A verificação do fundo de caixa também deve ser feita, na qual não se pode admitir espessura inferior à especificada em projeto. Se for solicitada a colocação de película impermeabilizante e isolante sobre a superfície de sub-base, tal película deve ser verificada quanto ao recobrimento das emendas (no mínimo, 20 cm), verificando-se também se a mesma está adequadamente esticada. Para facilitar a desmoldagem, as formas devem ser devidamente untadas.

2.5.1.11 Mistura, transporte, lançamento e espalhamento do concreto

Segundo a DNIT 047/2004, admite-se produção de concreto em betoneiras estacionárias ou em centrais. A medição dos materiais pode ser feita tanto em massa quanto em volume, com exceção do cimento, cuja medição sempre deve ser feita em massa. Em caso de fornecimento de concreto por usina comercial, devem ser atendidas as condições prescritas na NBR 7212. Preferencialmente, o lançamento do concreto deve ser feito lateralmente à faixa a executar.

Se o transporte do concreto não for feito em caminhão betoneira, deve ser realizado em equipamento capaz de evitar a segregação dos materiais componentes da mistura. O período máximo entre a mistura (a partir da adição da água) e o lançamento do concreto deve ser de trinta minutos; a redosagem sob qualquer forma é proibida. Este período pode ser estendido até 90 minutos no caso do uso de caminhão betoneira e agitação do concreto durante o transporte e a sua descarga.

Ferramentas manuais ou máquina devem ser utilizadas no espalhamento do concreto, desde que seja garantida a homogeneidade da distribuição, regularizando assim a camada na espessura a ser adensada.

2.5.1.12 Centrais de Concreto

O procedimento da execução de concreto dosado em central é descrito pela NBR 7212. As instalações onde se efetuam as operações de dosagem e, a depender do caso, mistura do concreto recebe a designação de central de concreto (Figura 9). O concreto dosado pode ser misturado em equipamento estacionário ou em caminhão betoneira, sendo transportado por caminhão-betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que sejam processadas as operações subsequentes à entrega, essenciais à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades requeridas.

No pedido do concreto é feita a discriminação das propriedades e parâmetros necessários ao concreto fresco e endurecido, incluindo quantidade, programação e local de entrega. A aceitação do concreto fresco é feita através de ensaios ou outras

verificações, na ocasião da entrega e recebimento do concreto fresco, atestando se as especificações e as exigências do pedido foram atendidas. A aceitação do concreto endurecido também é feita através de ensaios ou outras verificações, com o objetivo de constatar o atendimento às especificações e às exigências do pedido.

As condições gerais da NBR 7212 prescrevem procedimentos quanto ao armazenamento e dosagem dos materiais componentes do concreto, aferição dos equipamentos, mistura, transporte e temperatura. Estes procedimentos podem ser modificados em condições especiais, desde que haja aceitação pelas partes interessadas.



Figura 9: Usina de concreto (Fonte: ABCP, 2009)

Os materiais componentes do concreto devem ser armazenados de forma a evitar a mistura de granulometrias (nos agregados), procedências e outras características requeridas. A contaminação e a alteração da composição também devem ser evitadas.

Sobre a dosagem dos materiais componentes do concreto a NBR 7212 estabelece que os agregados e o cimento devem ser dosados em massa, com desvios máximos do valor nominal especificados na norma. A quantidade de água dosada compreende, além da adicionada, a quantidade devida à umidade dos agregados, a quantidade utilizada para dissolução dos aditivos e a quantidade adicionada sob forma de gelo. A dosagem dos aditivos deve ser feita de forma a garantir a sua distribuição uniforme na massa do concreto.

Quanto à mistura, a NBR 7212 determina procedimentos referentes à revisão dos equipamentos, volume de concreto adequado e tipos de misturas relativos ao transporte, ordem de colocação dos materiais e velocidade de rotação. Há um

destaque para a mistura parcial na central e complementação na obra da quantidade de água. A mistura parcial é realizada com os componentes sólidos e apenas parte da água; a adição suplementar é realizada na obra antes do início da descarga. Este processo tem como objetivo corrigir o abatimento devido à evaporação. O processo de adição suplementar deve ser realizado mediante a adoção dos critérios estabelecidos pela NBR 7212.

Segundo a NBR 7212, o transporte é feito, via de regra, por caminhão-betoneira. A admissão de transporte por caminhão basculante com carroceria de aço é feita mediante a garantia da não separação ou perda das partes componentes do concreto. Em relação ao caminhão basculante comum, o transporte através do mesmo só pode ser realizado para concretos não segregáveis, de abatimento não superior a 40 mm. O tempo de transporte do concreto compreendido entre o início da mistura e a entrega do concreto deve ser estabelecido de tal forma que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado. No caso do emprego de veículo dotado de equipamento de agitação, o tempo deve ser inferior a 90 min. Se o transporte for feito por veículo não dotado de equipamento de agitação, o transporte deve ser inferior a 40 min.

2.5.1.13 Adensamento do concreto

A DNIT 047/2004 admite o adensamento do concreto por meio de vibradores de imersão e pela régua vibratória. Os vibradores devem ser aplicados nos cantos das formas, com o objetivo de corrigir deficiências no adensamento do concreto no caso de vibração superficial pela régua vibratória. Uma régua de 3m de comprimento deve ser utilizada na verificação da regularidade longitudinal da superfície.

A correção deve ser feita imediatamente se for detectada qualquer variação na superfície, superior a 5 mm, seja depressão ou saliência; neste caso, as saliências são cortadas e as depressões preenchidas com concreto fresco.

2.5.1.14 Acabamento do concreto

Segundo a DNIT 047/2004, a operação de acabamento deve ser realizada imediatamente após o adensamento do concreto, consistindo na passagem da régua acabadora em deslocamentos longitudinais, com movimentos de vaivém (Figura 10). Após esta etapa, o acabamento final é feito através de tiras de lona ou vassouras de fios de nylon, provocando as ranhuras na superfície da placa. A vassoura de fios de nylon deve ser passada na direção transversal à faixa concretada, garantindo a continuidade e a uniformidade ao longo da largura da placa (Figura 11).



Figura 10: Exemplo de acabamento da placa de concreto. (Fonte: ABCP, 2009)



Figura 11: Exemplo de texturização da superfície de acabamento do concreto.

(Fonte: ABCP, 2009)

2.5.1.15 Execução das juntas

A DNIT 047/2004 determina que exista conformidade das juntas (Figura 12) em relação às posições indicadas no projeto, evitando-se desvios de alinhamento superiores a 5 mm.



Figura 12: Exemplo de corte de juntas (Fonte: ABCP, 2009)

2.5.1.16 Juntas longitudinais

Segundo a DNIT 047/2004, o pavimento deve ser executado em faixas longitudinais parciais, em conformidade com o projeto. Após a retirada da forma da junta, deve ser realizada pintura da face lateral da placa, com material apropriado que evite a aderência entre a faixa executada e a futura faixa.

2.5.1.17 Juntas transversais

A DNIT 047/2004 estabelece que as juntas transversais devem ser retilíneas em toda a sua extensão e perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento, exceto em casos particulares indicados no projeto. A execução deve ser feita de forma a garantir o processo contínuo às operações de acabamento final da superfície, como se as juntas não existissem.

Através de medidas topográficas deve ser feita a locação das seções onde haverá execução de juntas. As posições futuras devem ser determinadas através de pontos fixos estabelecidos nas duas margens da pista, ou então sobre as formas estacionárias.

No caso de adoção do processo de abertura de junta por moldagem (ou inserção), a introdução do perfil deve ser realizada através de vibração, estando o concreto ainda fresco, após o acabamento, garantindo assim a correção das irregularidades procedentes desta operação.

Se a junta for serrada, um plano deve ser feito para a abertura das juntas; o corte deve ser feito no prazo máximo de 6h a 8h do término da concretagem.

2.5.1.18 Juntas transversais de construção

Segundo a DNIT 047/2004 deve ser executada uma junta de construção:

- Ao fim de cada jornada ou
- Quando houver interrupção na concretagem por mais de 30 minutos.

A posição desta junta deve coincidir com a de uma junta transversal indicada no projeto. Se não for possível prosseguir a concretagem até uma junta transversal projetada, deve ser executada, obrigatoriamente, uma junta transversal de construção de emergência, do tipo previsto no projeto.

2.5.1.19 Cura do concreto

Conforme a DNIT 047/2004, o período total de cura deve ser de 7 dias, compreendendo um período inicial de aproximadamente 24 horas, contadas a partir do momento de conclusão do acabamento do pavimento, seguido de um período final, até o concreto atingir a idade de 7 dias (Figura 13).

Durante este período inicial de cura, não deve ser permitido qualquer tipo de trânsito sobre o pavimento. A cura química deve ser empregada, com aplicação em toda a superfície do pavimento de um composto químico líquido formador de película plástica, à razão de 0,35 l/m² a 0,50 l/m².

Após o período inicial de cura, deve-se cobrir a superfície do pavimento com qualquer dos materiais já especificados para cura do concreto, ou combinações adequadas desses materiais. Pode-se ainda proceder a outro tipo apropriado de

proteção, que evite a exposição do concreto às intempéries e à perda brusca de umidade.



Figura 13: Exemplo de aplicação de agente de cura. (Fonte: ABCP, 2009)

2.5.1.20 Desmoldagem

Segundo a DNIT 047/2004, a retirada das formas só poderá ser feita no mínimo 12 horas após a concretagem. Podem ser fixados prazos diferentes, para mais ou para menos, desde que não sejam causados danos ao concreto durante a operação de desmoldagem, atendendo-se ainda a um máximo de 24 horas.

Devem-se tomar os cuidados necessários para evitar o esborcinamento dos cantos das placas.

As faces laterais das placas, ao serem expostas pela remoção das formas, devem ser imediatamente protegidas por processo que garanta condições de cura análogas às da superfície do pavimento.

2.5.1.21 Selagem das juntas

A DNIT 047/2004 determina que a aplicação do material de selagem deve ser feita apenas quando os sulcos das juntas estiverem limpos e secos (Figura 14). O procedimento deve ser feito com cautela para que o material selante não seja

respingado na superfície, além de garantir quantidade suficiente sem que haja transbordamento. A remoção de qualquer excesso ou material respingado deve ser imediata.



Figura 14: Exemplo de selagem de juntas (Fonte: ABCP, 2009)

2.5.1.22 Inspeção

Segundo a DNIT 046/2004, devem ser adotados os procedimentos recomendados nas normas citadas referentes ao Cimento Portland.

Quanto ao controle da produção, devem ser realizadas duas determinações: a determinação do abatimento do concreto e a determinação da resistência do concreto. A NBR 7223 prescreve os procedimentos quanto ao abatimento do concreto, em amostra coletada de cada amassada (ou betonada).

A determinação da resistência do concreto é feita através de alguns procedimentos descritos a seguir.

2.5.1.23 Resistência de controle

A resistência à tração na flexão na idade do concreto fixada no projeto ou a resistência à compressão axial devem ser determinadas na inspeção do concreto, com base no estabelecimento de uma correlação confiável entre a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão axial.

2.5.1.24 Moldagem dos corpos-de-prova

Devem ser moldados, aleatoriamente e de amassadas diferentes, 6 exemplares de corpos-de-prova, a cada trecho de no máximo 2.500 m² de pavimento definido para inspeção, sendo cada exemplar constituído por, no mínimo, 2 corpos de prova prismáticos ou cilíndricos de uma mesma amassada. Os procedimentos referentes à moldagem e à cura dos corpos de prova devem estar de acordo com a NBR 5738.

2.5.1.25 Ensaaios

Os ensaios devem ser realizados nos corpos-de-prova na idade de controle fixada no projeto. A resistência à tração na flexão nos corpos-de-prova prismáticos deve ser determinada de acordo com a NBR 12142; a resistência à compressão axial nos corpos-de-prova cilíndricos deve ser determinada de acordo com a NBR 5739. Deve-se escolher o resultado de maior valor entre os 2 ensaios obtidos, sendo considerado então como a resistência do exemplar.

2.5.1.25.1 Ensaio de resistência à tração na flexão

A NBR 12142 prescreve os procedimentos de determinação da resistência à tração por flexão de concreto utilizando corpos-de-prova prismáticos. A máquina utilizada para realização do ensaio deve ser equipada com um dispositivo de flexão, segundo as Figuras 15a e 15b. Este dispositivo de flexão deve garantir a aplicação de carga ao corpo-de-prova perpendicularmente às suas faces superior e inferior e sem excentricidade.

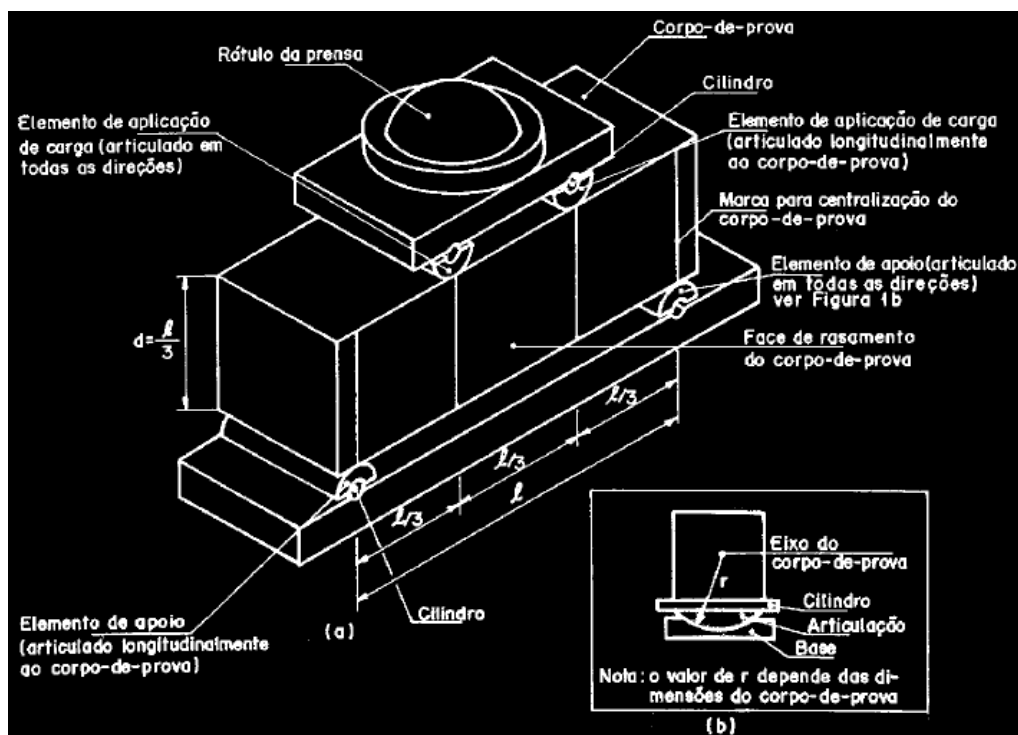


Figura 15 (a): Dispositivo de flexão; (b) Detalhe do elemento de aplicação de carga
(Fonte: NBR 12142)

Após o apoio e centralização do corpo-de-prova no dispositivo de carregamento, assim como o dispositivo na máquina de ensaio, inicia-se o acionamento e verifica-se que a carga indicada seja nula até o momento em que o corpo-de-prova entre em contato com os elementos de aplicação de carga. O carregamento do corpo-de-prova é feito continuamente e sem choques, com crescimento constante a uma velocidade de (0,9 a 1,1) MPa/min, até a ruptura. São determinadas então, a altura e a largura média (média de três determinações) do corpo-de-prova, na seção da ruptura, por meio de instrumentos com aproximação adequada.

Se a ruptura ocorrer no terço médio da distância entre os elementos de apoio, a resistência à tração é calculada pela expressão:

$$f_{ctM} = pl/bd^2$$

Onde:

f_{ctM} = resistência à tração na flexão, em Mpa;

p = carga máxima aplicada, em N;

l = distância entre cutelos de suporte, em mm;

b = largura média do corpo-de-prova na seção de ruptura, em mm;

d = altura média do corpo-de-prova na seção de ruptura, em mm;

Se a ruptura ocorrer fora do terço médio, a uma distância não superior a 5% de l (Figura 16), a resistência à tração na flexão é calculada pela expressão:

$$f_{ctM} = 3Pa/bd^2$$

Onde:

a = distância média entre a linha de ruptura na face tracionada e a linha correspondente ao apoio mais próximo

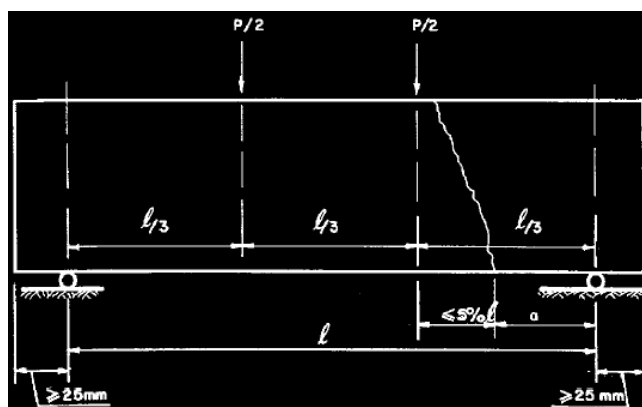


Figura 16: Ruptura a uma distância do terço médio não superior a 5% de l (Fonte: NBR 12142)

Se a ruptura ocorrer além dos 5% citados, o ensaio perde a validade.

2.5.1.25.2 Ensaio de resistência à compressão axial

A NBR 5739 determina o método de ensaio de resistência à compressão axial nos corpos-de-prova cilíndricos. O ensaio deve ser realizado, tanto quanto possível, imediatamente após a remoção do corpo-de-prova do seu local de cura. Pode-se optar pela preparação antecipada das bases dos corpos-de-prova, a depender do tipo de capeamento utilizado.

Para a execução do ensaio, primeiramente determina-se o diâmetro utilizado para o cálculo da área da seção transversal pela média de dois diâmetros, medidos ortogonalmente na metade da altura do corpo de prova. A determinação da altura do

corpo-de-prova é feita através de medição sobre seu eixo longitudinal, incluindo o capeamento.

O rompimento à compressão dos corpos-de-prova é feito em certa idade específica, de acordo com as tolerâncias de tempo descritas na Tabela 8. No caso de corpos-de-prova moldados segundo a NBR 5738, a contagem da idade inicia-se a partir da hora de moldagem.

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48
Nota: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.	

Tabela 8: Tolerâncias de tempo relativas ao rompimento dos corpos-de-prova segundo a NBR 5739.

Realizada a limpeza e secagem das faces dos pratos e do corpo-de-prova, inicia-se o ensaio colocando-se o corpo-de-prova centralizado no prato inferior. A orientação de moldagem do corpo-de-prova é indicada de forma inequívoca quando o topo e a base dos corpos-de-prova forem submetidos a desgaste por abrasão. A escala de força escolhida para o ensaio deve ser determinada de forma que garanta que a ocorrência da força de ruptura do corpo-de-prova no intervalo em que a máquina foi calibrada.

A aplicação do carregamento de ensaio deve ser realizada de forma contínua e sem choques, com uma velocidade de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s. Tal velocidade é constante durante todo o ensaio. Quando houver uma queda de força que indique a ruptura, o carregamento deve cessar.

O cálculo da resistência à compressão deve ser feito através da expressão a seguir:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2}$$

Onde:

f_c = resistência à compressão, em MPa;

F = força máxima alcançada, em N;

D = diâmetro do corpo-de-prova, em mm.

A força F é multiplicada por um fator de correção nos casos em que a relação h/d é menor do que 1,94. Este fator de correção é correspondente ao h/d encontrado, de acordo com a Tabela 9.

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87
Nota: Os índices correspondentes à relação h/d não indicada devem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.					

Tabela 9: Fator de correção, conforme a NBR 5739.

O resultado final da resistência à compressão deve ser expresso em Mpa, com três algarismos significativos. A NBR 5739 ainda apresenta anexos referentes aos tipos de ruptura de corpos-de-prova e à avaliação estatística de desempenho do ensaio.

2.5.1.25.3 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

O método de determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos é estabelecido pela NBR 7222. Sobre a execução do ensaio, a NBR 7222 determina que após a moldagem dos corpos-de-prova conforme NBR 7215 e NBR 5739 deve-se proceder à colocação do corpo-de-prova na máquina de ensaio. Ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas do corpo-

de-prova é dado o contato entre o corpo-de-prova e os pratos da máquina de ensaios. A adaptação de dispositivos complementares às máquinas é aceita se os pratos apresentarem o diâmetro ou a maior dimensão inferior à altura do corpo-de-prova.

O corpo-de-prova é posto em repouso ao longo de uma geratriz, sobre o prato da máquina de compressão. Devem ser postas duas tiras de chapa dura de fibra de madeira entre os pratos e o corpo-de-prova, de comprimento igual ao da geratriz do corpo-de-prova e seção transversal, de acordo com a NBR 10024, (Figura 17). Os pratos da máquina são então ajustados até que seja obtida uma compressão com capacidade de manter o corpo-de-prova em posição. A aplicação da carga é contínua e sem choque, com um crescimento constante da tensão de tração a uma velocidade de (0,05 + 0,02) MPa/s, até a ruptura do corpo-de-prova.

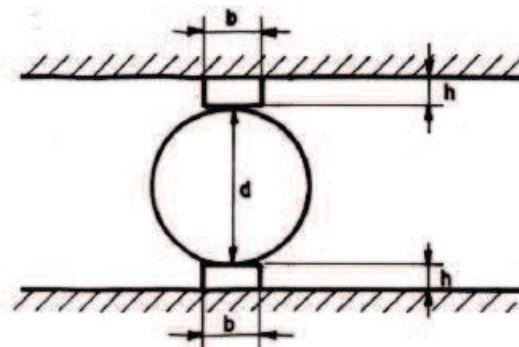


Figura 17: Disposição do corpo de prova. (Fonte: NBR 7222)

O cálculo da resistência à tração por compressão diametral é feito através da seguinte expressão:

$$f_{t,D} = \frac{2 \cdot F}{b \cdot d \cdot L}$$

Onde:

$f_{t,D}$ = resistência à compressão diametral, expressa em MPa, com aproximação de 0,05 MPa;

F = carga máxima obtida no ensaio, em kN;

d = diâmetro do corpo-de-prova, em mm;

L = altura do corpo-de-prova, em mm.

2.5.1.25.4 Ensaio de resistência do concreto à compressão simples

Os métodos descritos na DNER-ME 046/98 e DNER-ME 091/98 determinam a moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos e os procedimentos realizados no ensaio de resistência do concreto à compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

Segundo a DNER-ME 046/98, obedecidas as especificações dos materiais na confecção dos corpos-de-prova, os moldes devem ser constituídos por aço ou outro material não absorvente e quimicamente inerte com os componentes constituintes do concreto. As superfícies internas dos moldes devem apresentar-se lisas e sem defeitos, além da existência de dispositivos de fixação às placas de base dos mesmos. Atendidas as espessuras e tolerâncias fixadas, a preparação dos moldes também deve incluir a devida vedação das juntas com mistura de cera virgem e óleo mineral para evitar vazamentos; o molde cilíndrico é representado pelas Figuras 18 e 19.

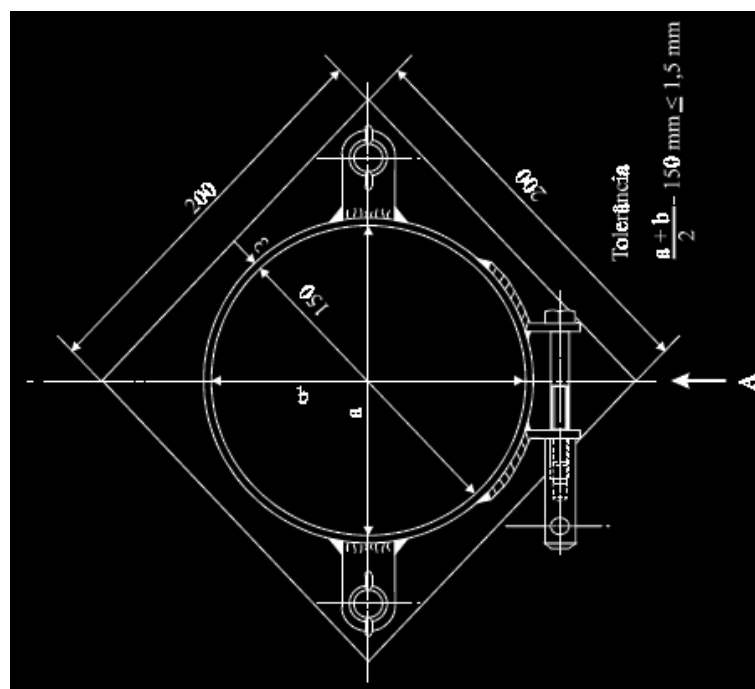


Figura 18: Molde cilíndrico de dimensão básica 150 mm. (Fonte: DNER-ME 046-98)

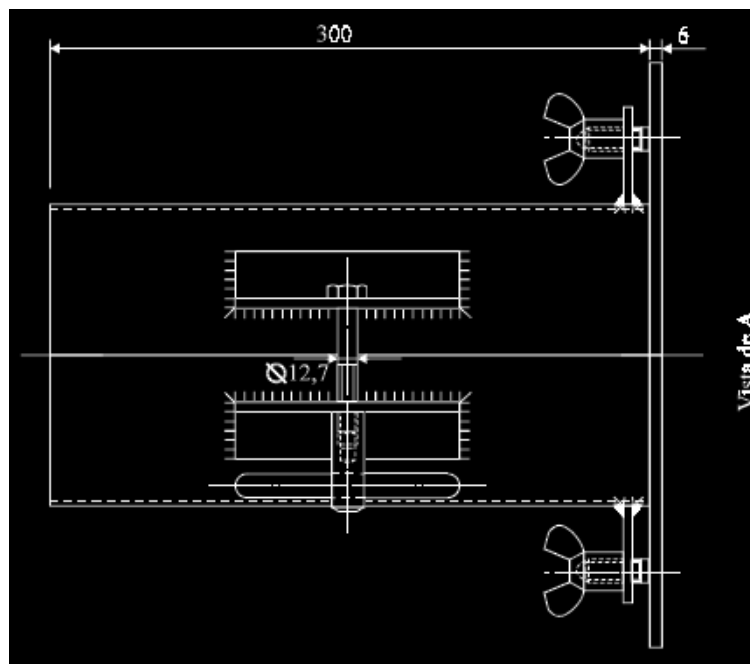


Figura 19: Corte de A. (Fonte: DNER-ME 046-98)

Após a moldagem, os moldes devem ser untados internamente com uma camada fina de óleo mineral.

A colocação dos moldes deve ser realizada sobre uma base nivelada, livre de choques e vibrações, próximo ao local em que os corpos-de-prova serão armazenados nas primeiras 24 h.

Atendidas as demais especificações, o concreto deve ser colocado no molde com o auxílio de uma concha metálica, em camadas de alturas específicas e aproximadamente iguais. A moldagem dos corpos-de-prova não deve sofrer interrupções; após o adensamento do concreto, a superfície do topo dos corpos-de-prova deve ser alisada com colher de pedreiro.

Os corpos-de-prova devem ser imediatamente cobertos com material não reativo e não absorvente após a moldagem. Desta forma, garante-se a cura inicial ao ar evitando-se a perda de água do concreto, protegendo-o da ação das intempéries. Nestas condições de cura inicial, os corpos-de-prova cilíndricos devem permanecer nas formas durante 24 h, atendidas as condições de endurecimento do concreto permitindo a desforma sem causar danos ao corpo-de-prova. Após a desforma, os corpos-de-prova são destinados a um laboratório, transportados em caixas rígidas contendo serragem ou areia molhada.

A cura final é feita através da conservação dos corpos-de-prova imersos em água saturada de cal ou permanência em câmara úmida que apresente, no mínimo, 95% de umidade relativa do ar, atingindo toda a sua superfície livre ou através da conservação enterrados em areia completamente saturada de água. Este processo de cura final é mantido até o início dos ensaios. Os processos de preparação dos topos dos corpos-de-prova e retificação ou capeamento também são especificados pela DNER-ME 046/98.

A DNER-ME 091/98 apresenta os procedimentos necessários para a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos. A máquina de ensaio pode ser de qualquer tipo, desde que apresente capacidade suficiente, cumprindo com as exigências referentes ao sistema de regulação de aplicação de cargas, pratos de carga, rótula, elementos de leitura de cargas e verificação e exatidão da máquina de ensaio. Após a moldagem e cura dos corpos-de-prova segundo os requisitos especificados, a colocação do corpo-de-prova na máquina de ensaio é feita observando-se os cuidados de limpeza das superfícies planas e centralização sobre sua superfície. A aplicação da carga é feita de forma contínua e sem choques bruscos, garantindo que o aumento da tensão média sobre o corpo-de-prova seja de (0,15 a 0,35) MPa/s. A carga deve assim ser aplicada até que ocorra a ruptura. O valor da máxima carga deve ser registrado como também o tipo de ruptura e toda informação relacionada ao aspecto do concreto na região de ruptura. As tolerâncias de tempo para o ensaio são fornecidas pela Tabela 10.

Idade de ensaio	Tolerância permitida
24 h	± 30 min ou 2,1%
3 d	± 2 h ou 2,8%
7 d	± 6 h ou 3,6%
28 d	± 20 h ou 3,0%
60 d	± 36 h ou 2,5%
90 d	± 2 d ou 2,2%

Tabela 10: Tolerância de tempo para o ensaio de compressão, de acordo com a DNER-ME 091/98.

O cálculo da resistência à compressão do corpo-de-prova é feito através da seguinte fórmula:

$$f_c = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Onde:

f_c – é a resistência à compressão, em MPa;

Q – é a carga máxima alcançada, em N;

d – é o diâmetro do corpo-de-prova, em mm.

2.5.1.26 Determinação da resistência característica

A DNIT 047/2004 estabelece as seguintes expressões para a determinação da resistência característica estimada do concreto do trecho inspecionado à tração ou à compressão axial:

$$f_{ctM, est} = f_{ctM28} - Ks$$

OU

$$f_{ck, est} = f_{c28} - Ks$$

Onde:

$f_{ctM, est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à tração na flexão;

f_{ctM28} = resistência média do concreto à tração na flexão, na idade de 28 dias;

$f_{ck, est}$ = valor estimado da resistência característica no concreto à compressão axial;

f_{c28} = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 28 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

k = coeficiente de distribuição de Student (Tabela 11);

n = número de exemplares.

AMOSTRAGEM VARIÁVEL													
n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

Tabela 11: Coeficiente de distribuição de Student, segundo a DNIT 047/2004

A aceitação do pavimento ocorrerá quando se obtiver uma das seguintes condições:

$$f_{ctM, est} \geq f_{ctM, k}$$

OU

$$f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

2.5.1.27 Verificações suplementares

Em caso da não aceitação automática, devem ser extraídos no trecho, em pontos uniformemente espaçados, no mínimo, 6 corpos-de-prova cilíndricos de 15 cm de diâmetro conforme a NBR 7680, sendo ensaiados respectivamente à compressão axial e à tração na flexão. Através dos resultados obtidos nestes corpos será determinada a resistência característica conforme o procedimento já descrito. Deverá ser feita revisão do projeto se o trecho não for aceito.

3. METODOLOGIA APLICADA

Para realização deste trabalho, a metodologia aplicada inicialmente consistiu em livros, normas e manuais técnicos para revisão bibliográfica. Na segunda fase foi realizado um estudo de caso por meio de uma análise crítica baseada no atendimento ou não das especificações técnicas às normas adequadas.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Descrição da Obra

O Aeroporto Internacional dos Guararapes, localizado ao sul do Recife, atende a movimentação de passageiros domésticos e internacionais. Sua construção antecede a II Guerra Mundial, mas seu atual nome oficial foi dado em 2 de julho de 1948, através do Decreto 25.170-A. Ao longo dos anos, o aeroporto passou por ampliações, devido ao desenvolvimento da aviação comercial. Através do Decreto Lei 10.361, de 27 de dezembro de 2001, o Aeroporto Internacional dos Guararapes passou a se chamar Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre, após o início da construção de um novo terminal ao lado do anterior em 2000.

Atualmente, o sítio aeroportuário compreende uma área de 3.888.457,41 m². As dimensões de sua pista são de 3.300 x 45 (m). O pátio das aeronaves apresenta uma área de 139.616 m², abrigando 26 posições de embarque de aeronaves. Todos estes dados conferem ao Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre o status de maior e mais moderno aeroporto do Norte/Nordeste do Brasil, com reconhecimento internacional.

O Aeroporto dos Guararapes foi um dos primeiros a implantar o pavimento de concreto no Brasil, na década de 40, fato este que não poderia ser diferente devido à sua localização em um estado que aderiu rapidamente às obras de pavimentação rígida, sendo a sua capital, Recife, conhecida como “Capital do pavimento de concreto” em referência à presença marcante do concreto nas estradas pernambucanas e nas vias urbanas de Recife.

Grande parte do pavimento rígido do Aeroporto dos Guararapes foi modificada através de recapeamentos e outras alterações. Entre os constituintes do aeródromo, um dos que apresenta ainda a pavimentação rígida é o Pátio das Aeronaves devido à impossibilidade da implantação de pavimentação flexível decorrente da presença de dutos subterrâneos de abastecimento de combustível

das aeronaves, cujas características se constituem prejudiciais à vida útil de uma pavimentação flexível.

Em 2010 foi prevista uma obra de recuperação e alargamento das pistas de táxi Mike, Alfa, Bravo, Charlie e Lima e restauração das placas de concreto do pátio sul além da drenagem da pista de táxi Juliet.

Segundo o Projeto Executivo, as especificações técnicas da referente obra tiveram por objetivo estabelecer os padrões e procedimentos, fixando as condições de execução e controle da obra e serviços.

Na atividade descrita de pavimentação, foram analisados os aspectos de projeto e execução referentes ao uso do concreto de cimento Portland utilizado na restauração das placas de concreto do pátio Sul.

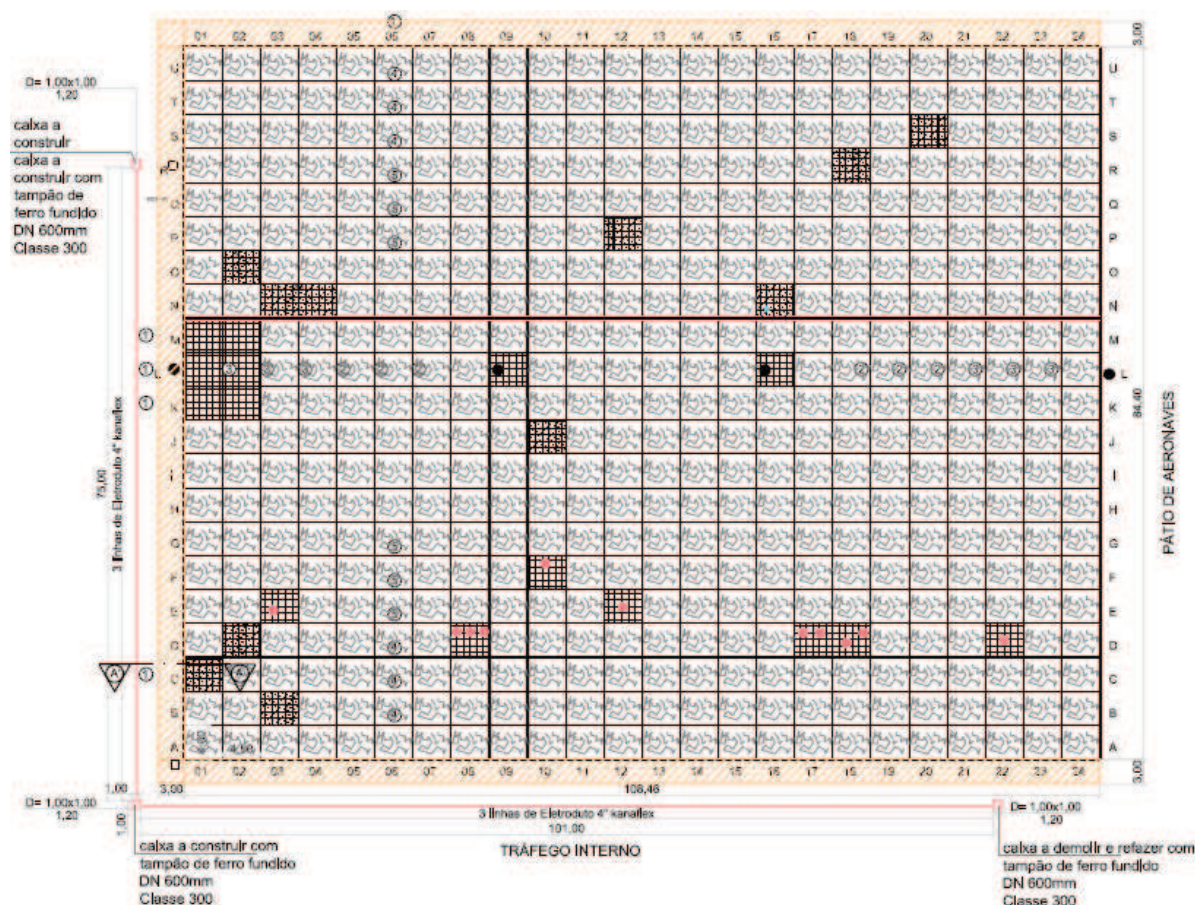


Figura 20: Representação gráfica do projeto de restauração do Pátio Sul, com indicação das placas de concreto a serem substituídas.

4.2 Aspectos de Projeto

4.2.1 Objetivo

As especificações técnicas do concreto de cimento Portland iniciam-se com o seguinte objetivo:

“Esta Especificação fixa as condições de execução de pavimentos de concreto de cimento constituídos de placas de concreto armadas, desempenhando simultaneamente as funções de base e de revestimento.

As placas de concreto constituintes do pavimento devem ser assentes sobre manta plástica flexível de impermeabilização e camada brita graduada simples, conforme projeto, a fim de que sejam evitados os efeitos de bombeamento e seja assegurado às placas um suporte uniforme ao longo do tempo”.

Segundo a definição corrente de pavimentação rígida, o objetivo descrito acima apresenta coerência técnica através de uma linguagem compreensível e condensada.

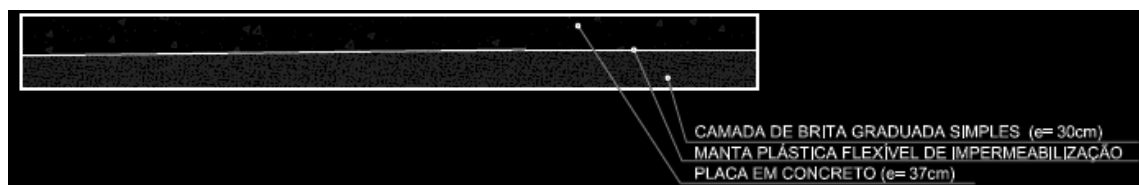


Figura 21: Assentamento das placas de concreto prevista em projeto.

4.2.2 Materiais

Sobre os materiais empregados na execução do concreto de cimento Portland utilizado nas placas de concreto, o documento observa que os mesmos “devem atender às Normas da ABNT pertinentes”, considerando as seguintes prescrições:

4.2.3 Cimento

“Não havendo indicação em contrário, o cimento a empregar será o Portland comum ou de alto forno, devendo satisfazer as prescrições das ABNT NBR 5732:1991 e ABNT 5735:1991... Todo cimento deverá ser entregue no local da obra, em sua embalagem original. O cimento deverá ser armazenado em local seco e abrigado, por período de tempo e forma de empilhamento que não comprometam a sua qualidade. Será permitido o uso de cimento a granel, desde que, em cada silo, seja depositado o cimento de uma única procedência. O cimento em silo só poderá ficar armazenado por período tal que não venha a comprometer a sua qualidade.”

Há, portanto, conformidade com a DNIT 047/2004, com a ênfase apropriada em relação ao armazenamento, assegurando a qualidade do cimento a ser empregado.

4.2.4 Agregado Miúdo

“O agregado miúdo deve ser areia natural quartzosa de diâmetro máximo igual a 4,8 mm. Deve ser limpo e não apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica e outras, obedecendo ao prescrito nas Especificações da ABNT. Somente mediante autorização da Fiscalização, poderão ser empregadas areias artificiais provenientes de rocha sadia.”

Embora faça referência à granulometria de definição do agregado, a especificação não cita a NBR apropriada, além de resumir os cuidados necessários quanto às substâncias nocivas, sem a alusão aos teores permitidos das mesmas. A determinação do teor de cloretos e sulfatos, necessária aos cuidados de expansão devida à reação álcali-agregado, comum em agregados miúdos, também não é citada.

4.2.5 Agregado Graúdo

“Consistirá de pedra britada, seixo rolado britado ou não, de diâmetro máximo superior a 4,8 mm e inferior a 76 mm, isento de partículas aderentes, e não podendo apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica e outras, obedecendo ao prescrito nas Especificações da ABNT.

O agregado graúdo será constituído pela mistura de partículas de diversos diâmetros, em proporções convenientes, de acordo com os traços indicados.”

Da mesma forma como na descrição do agregado miúdo, a especificação do agregado graúdo faz referência à granulometria de definição do agregado, mas não cita a NBR adequada, resumindo a precaução quanto às substâncias nocivas, sem referência aos teores admitidos.

4.2.6 Água

“A água para preparação do concreto deverá ser razoavelmente clara e isenta de óleos, ácidos, álcalis, matéria orgânica, etc., e obedecer às Especificações da ABNT.”

Novamente a NBR referente à utilização de água de amassamento no concreto não é citada, além da omissão de teores especificados quanto à isenção das substâncias e aos elementos constituintes da água.

4.2.7 Aditivos

“O uso de aditivos, dispersantes, arejadores, aceleradores, retardadores de pega, etc., só será permitido mediante autorização expressa da Fiscalização.”

A norma é claramente omitida, estabelecendo apenas a Fiscalização como responsável pelo respaldo do uso de aditivos.

4.2.8 Material para enchimento de juntas

“O material adotado para preenchimento das juntas será o cordão de polietileno expandido.”

Embora a DNIT 047/2004 não indique diretamente o emprego do cordão de polietileno expandido, tal material é utilizado em enchimento de juntas.

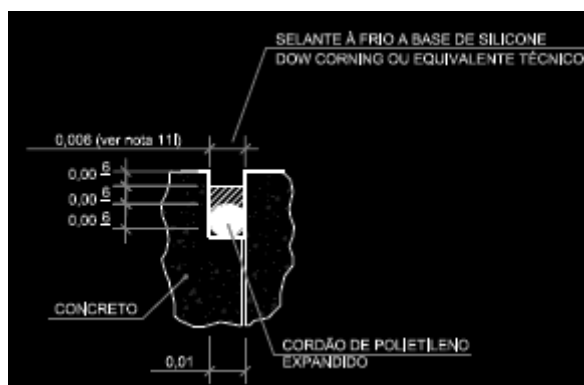


Figura 22: Detalhe do uso do cordão de polietileno expandido.

4.2.9 Material para calafetação das juntas

“O material de vedação deverá ser o dow corning 890 SL ou equivalente técnico. O material para calafetação das juntas deverá ser suficientemente adesivo ao concreto, impermeável à água, dúctil e pouco extrusível, não devendo fluir nos dias mais quentes, nem tornar-se quebradiço nas ocasiões de frio intenso.”

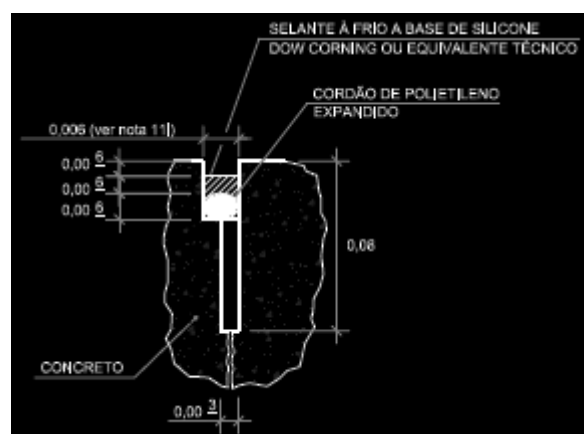


Figura 23: Detalhe do uso de Dow Corning 890 SL.

O dow corning 890 SL é um produto selante de silicone autonivelante para juntas que embora não seja diretamente indicado pela norma é utilizado em obras

de pavimentação; o fabricante garante o desempenho excepcional deste produto em juntas de pavimentos onde ocorrem movimentos extremos, como em aeroportos. Porém, a DNIT 047/2004 não cita diretamente a sua utilização como película isolante e impermeabilizante.

4.2.10 Material para cura do concreto

“A cura será química e úmida. Os materiais usados na cura do concreto serão, normalmente, tecidos de juta, cânhamo ou algodão, mantidos permanentemente molhados. Os tecidos empregados deverão absorver prontamente a água, não apresentar furos, nem conter terra ou qualquer outra substância que prejudique a absorção ou que tenha efeito sobre o concreto. Quando limpos e secos, não deverão pesar menos de 200 g/m². Pinturas especiais, lâminas d'água ou outros materiais que mantenham a superfície permanentemente úmida poderão ser empregados, a critério da Fiscalização.”

A especificação quanto ao material para cura do concreto está em conformidade com a DNIT 047/2004, atribuindo a permissão para utilização de outros materiais à Fiscalização.

4.2.11 Concreto

“O concreto será dosado racionalmente do concreto por tração na flexão, de modo a obter-se, com os materiais disponíveis, uma mistura de trabalhabilidade adequada ao processo construtivo empregado e satisfazendo as condições de resistência mecânica impostas nestas Especificações.

As tensões mínimas de ruptura para projeto aos 28 dias deverão ser de:

- a) Compressão axial (DNER-ME 91-64)340 Kg/cm²;
- b) Tração na flexão (ABNT-MB 127 R)50 Kg/cm².”

A norma referente à compressão axial citada pela especificação, DNER-ME 91-64, não está mais em vigor: foi substituída pela DNER-ME 91-98. Quanto à tração na flexão, a ABNT-MB 127 R citada surpreendentemente não existe. As

especificações deste item deveriam estar em conformidade com a DNIT 047/2004, que estabelece a determinação da compressão axial de acordo com as prescrições da NBR 5739 e a determinação da resistência à flexão de acordo com os procedimentos da NBR 12142.

4.3 Aspectos de Produção

4.3.1 Formas

“As formas laterais de concretagem, que servem também de apoio e guia ao equipamento espalhador e de acabamento, deverão ser metálicas e suficientemente rígidas, de modo a suportarem, sem deformação apreciável, as solicitações do serviço. De acordo com a planta de recuperação das placas de concreto do pátio sul, na maior parte dos casos, as formas serão as laterais das placas de concreto existentes.

As formas deverão guiar as máquinas empregadas e permitir o seu perfeito rolamento. A superfície em que se apóiam sobre o terreno terá a largura de 20 cm para as formas de mais de 20 cm de altura. No caso de formas de menor altura, a largura mínima da base de assentamento será a altura da forma. As formas devem possuir, a intervalos de 1,00m, no máximo, dispositivos que garantam sua perfeita fixação ao solo e posterior remoção sem prejuízo para o pavimento executado. O sistema de união das formas deve ser tal que permita uma ajustagem correta e impeça qualquer desnivelamento ou desvio.

Formas torcidas, empenadas ou amassadas não poderão ser usadas. Verificadas com uma régua de 3,00 m, nenhum ponto da face superior deverá apresentar flecha de mais de 3 mm e, da face lateral, de mais de 6 mm. Formas curvas ou flexíveis devem ser usadas nas curvas de raio inferior a 30 m.

O Executante deverá manter no canteiro de serviço gabaritos que permitam a verificação dos perfis transversais do projeto.”

Neste item, a execução das formas difere em alguns aspectos da DNIT 047/2004, embora apresente certa coerência devido ao aspecto de restauração da obra.

4.3.2 Centrais de Concreto

“O preparo do concreto será efetuado em centrais de concreto propriamente ditas, onde se preparam completamente as misturas, ou em centrais dosadoras, onde o concreto é dosado a seco, para posterior mistura e amassamento.

Quando preparado em centrais de concreto propriamente ditas, o material será transportado ao local da obra em caminhões basculantes com carroceria metálica, apropriada para concreto, quando o intervalo de tempo entre o fabrico e o lançamento na pista não ultrapassar 30 minutos, ou em caminhões-betoneira, para transporte até 90 minutos.”

A produção de concreto em centrais é admitida pela DNIT 047/2004. Mas, a especificação neste item omite a referência à NBR 7212, além de outros aspectos que devem ser enfatizados, como a mistura parcial da água e a posterior adição suplementar realizada no local da obra, antes do início da descarga, com o objetivo de corrigir o abatimento devido aos efeitos da evaporação.

4.3.3 Concretagem

“Exige-se que tenham largura suficiente para a concretagem desde uma junta longitudinal a borda.

Deverão realizar o espalhamento do concreto sem segregação dos materiais, com perfeito adensamento em toda a espessura da camada e deixar a superfície do pavimento no greide e perfil transversal do projeto, pronta para as operações de acabamento final.

Deverá ser dada preferência à alisadora mecânica para o acabamento final da superfície, podendo-se trabalhar com cinta de lona, com deslocamento transversal.

Vibradores de imersão deverão ser usados para melhor adensamento nas bordas. O equipamento para vibração do concreto deverá operar em frequência nunca inferior a 5.000 ciclos por minuto.”

A especificação de concretagem atende a DNIT 047/2004, descrevendo os requisitos para um bom adensamento e acabamento final.

4.4 Aspectos de Execução

4.4.1 Formas

“As formas serão assentadas de acordo com os alinhamentos indicados no projeto, uniformemente apoiadas sobre o leito e fixadas com ponteiros de aço, de modo a suportarem sem deformação ou movimentos apreciáveis as solicitações inerentes ao trabalho. O topo das formas deverá coincidir com a superfície de rolamento prevista... O alinhamento e o nivelamento das formas deverão ser verificados e, se necessário, corrigidos antes do lançamento do concreto,... Quando se constatar insuficiência nas condições de apoio de qualquer forma, esta será removida e convenientemente reassentada. Assentadas as formas, procede-se a verificação do fundo da caixa com um gabarito nelas apoiado... Por ocasião da concretagem as formas devem estar limpas e untadas com óleo, a fim de facilitar a desmoldagem. Sobre a superfície pronta para receber o concreto, não será permitido o tráfego de veículos ou equipamentos.”

Diferentemente da especificação de formas nos aspectos de produção, neste item referente à execução, os requisitos mínimos da DNIT 047/2004 são devidamente observados, com o acréscimo de procedimentos característicos da natureza da obra.

4.4.2 Preparo e lançamento do concreto

“O cimento deve ser medido em peso,... não se tolerando, neste caso, o aproveitamento de sacos avariados. Os agregados de tipos diferentes, miúdo e graúdo, devem ser medidos separadamente, em peso, considerando-se sempre nestas operações a influencia da umidade. O agregado graúdo deverá ser molhado antes de ser utilizado. O concreto utilizado será usinado. O tempo exato de amassamento será determinado em cada caso,... O concreto deve ser transportado para o local de lançamento, de modo a que não acarrete segregação ou perda de qualquer de seus componentes. No caso de serem utilizadas instalações centrais fixas de dosagem, ou para transporte superior a 30 minutos (no máximo 90 minutos), o concreto deverá ser transportado ao local de lançamento em caminhão... O intervalo máximo de tempo permitido entre o fabrico e o lançamento do concreto transportado em caminhões basculantes será de 30 (trinta) minutos. A produção de concreto deverá ser regulada de acordo com a marcha das operações de concretagem, num ritmo que garanta a necessária continuidade do serviço. O lançamento do concreto deverá ser feito de modo a reduzir o trabalho de espalhamento, evitando-se a segregação de seus componentes.”

Semelhantemente ao item das centrais de concreto, descrito nos aspectos de produção, a especificação omite a referência à NBR 7212, além de não enfatizar os cuidados necessários com a água para o controle do abatimento. O tempo de transporte, no entanto, é adequado às prescrições da NBR 7212.

4.4.3 Espalhamento e assentamento do concreto - acabamento da superfície

“O espalhamento do concreto será executado manualmente, evitando-se sempre a segregação dos materiais. O concreto deverá ser distribuído em excesso por toda a largura da faixa em execução e rasado a uma altura conveniente para que, após as operações de adensamento e acabamento, tenha a placa, em qualquer ponto, a espessura do projeto. O adensamento do concreto será feito por vibração com o emprego de vibradores de imersão, especialmente próximos às formas, na execução de juntas ou quando a espessura do pavimento o exigir.”

Novamente é acentuada a importância de um bom adensamento, evitando a segregação dos materiais, conforme a DNIT 047/2004.

4.4.4 Juntas longitudinais

“O pavimento será executado em faixas longitudinais, devendo a posição das juntas de construção coincidir com a das juntas longitudinais indicadas no projeto. Quando a junta de construção coincidir com uma junta de encaixe tipo macho-fêmea, a borda da placa será pintada com betume, servindo de molde, na execução da placa adjacente. A junta enfraquecida, executada em decorrência da concretagem simultânea de mais de uma faixa, será do tipo serrada, garantida a articulação da junta através dos demais dispositivos.”

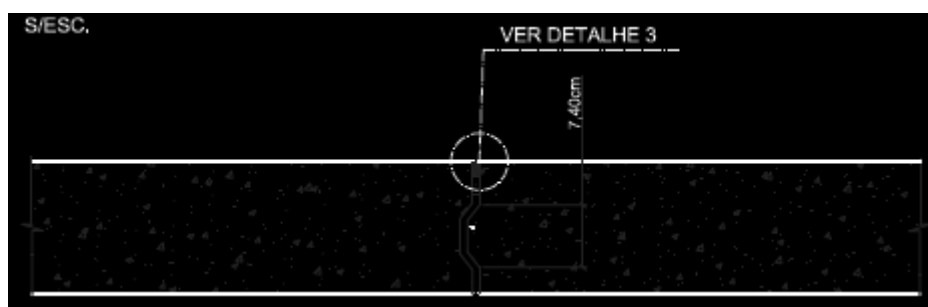


Figura 24: Junta longitudinal com encaixe tipo macho-fêmea.

A especificação deste item atende ao prescrito na DNIT 047/2004, com a diferença em relação ao tipo de encaixe das juntas.

4.4.5 Juntas Transversais de Construção

“Ao fim de cada jornada de trabalho, ou sempre que a concretagem tiver de ser interrompida por mais de 30 minutos, será executada uma junta de construção, cuja posição deve coincidir com a de uma junta transversal indicada no projeto. Quando a coincidência se verificar numa junta de retração, esta deve ser substituída por uma junta transversal de construção, do tipo indicado no projeto.”

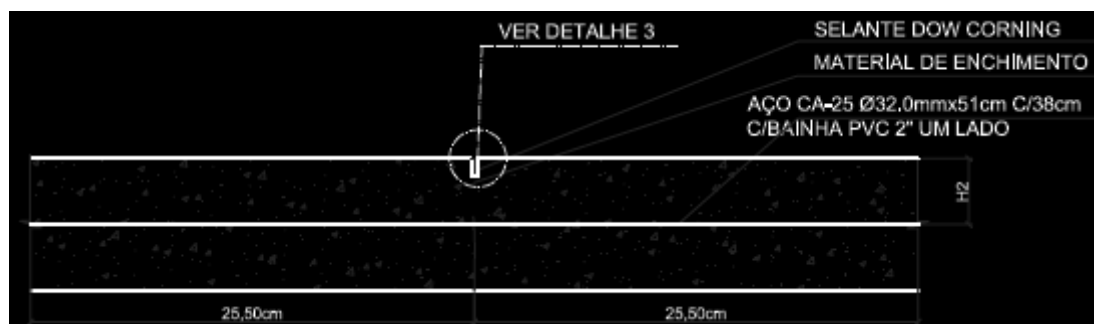


Figura 25: Junta transversal de construção.

Conforme a DNIT 047/2004, o procedimento descrito neste item está correto.

4.4.6 Cura

“A cura será química e úmida.

O período de cura deve ser, no mínimo, de 7 dias, comportando duas fases distintas... Após o acabamento final da superfície do pavimento deverá ser procedida a cura, podendo ser empregado lençol plástico, papel impregnado de betume ou pinturas impermeabilizantes, sendo admitido emprego de tecidos de juta, cânhamo ou algodão, mantidos permanentemente molhados... Decorridas as primeiras quarenta e oito horas do período de cura, é facultativo ao Executante alterar o processo de cura inicial, utilizando um lençol d'água ou uma camada de pelo menos 3 (três) centímetros de areia ou outro material terroso, mantidos permanentemente molhados, completando o período total de cura previsto de 7 dias.”

Os materiais especificados atendem aos procedimentos da DNIT 047/2004, mas a alteração do processo de cura inicial não deve ser facultativa, devendo ser de fato efetuada.

4.4.7 Desmoldagem

“As formas só poderão ser retiradas quando decorrerem pelo menos 12 horas após a concretagem. A Fiscalização poderá, entretanto, fixar prazos maiores, até um máximo de 24 horas. Durante a desmoldagem, serão tomados os necessários cuidados para evitar o esborcinamento das placas. As faces laterais das placas, expostas pela remoção das formas, deverão ser imediatamente protegidas de modo a terem condições de cura análogas às da superfície do pavimento. A desmoldagem da peça superior da junta de dilatação se processará durante o período de pega do concreto.

O procedimento descrito neste item é apresentado exatamente conforme a DNIT 047/2004, garantindo assim a integridade da placa.

4.4.8 Calafetação das juntas

“O material de vedação só poderá ser aplicado quando os sulcos das juntas estiverem secos.

Preliminarmente, os sulcos destinados a receber o material vedante devem ser completamente limpos,... O material de vedação deverá ser o dow corning 890 SL ou equivalente técnico... O material de vedação deve ser cautelosamente vertido no interior dos sulcos, sem respingar a superfície,... Qualquer excesso deverá ser prontamente removido com ferramentas aquecidas e a superfície limpa de todo o material respingado. Após o resfriamento, será completado o enchimento onde for constatada insuficiência da quantidade de material aplicado.”

O processo descrito neste item está de acordo com o especificado na DNIT 047/2004, embora seja mais uma vez recomendado o produto dow corning 890 SL, não previsto na referida norma.

4.5 Controle tecnológico

4.5.1 Resistência do concreto à tração na flexão e resistência à tração na compressão diametral

“A resistência do concreto a tração na flexão será verificada em corpos de prova prismáticos, moldados no local da concretagem e submetidos à cura até o momento da determinação de sua resistência, de acordo com os métodos MB-126R e MB-127R, da ABNT... A resistência à tração na compressão diametral será determinada em corpos de prova cilíndricos moldados no local da concretagem, de acordo com o método DNER-ME 46-64, e submetidos à cura até o momento da determinação de sua resistência, de acordo com o método MB-212-58, da ABNT.”

Há um equívoco na especificação deste item, visto que os métodos MB-126R e MB-127R não existem pela ABNT, além da desatualização dos métodos DNER-ME 46-64 e MB-212-58, que foram respectivamente substituídos pelos métodos DNER-ME 46-98 e NBR 7222/94. A DNIT 047/2004 faz a recomendação de que a resistência à tração na flexão deve ser determinada pela NBR 12142 e a resistência à compressão axial nos corpos cilíndricos deve ser determinada pela NBR 5739.

4.5.2 Resistência do concreto à compressão simples

“A resistência do concreto à compressão simples será verificada em corpos de prova cilíndricos moldados no local da concretagem e submetidos à cura até o momento da determinação de sua resistência, de acordo com os métodos DNER-ME 046/98 – Concreto - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos e DNER-ME 091/98 - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.”

A especificação deste item está correta, conforme a atualização e designação dos métodos DNER 046/98 e DNER-ME 091/98.

4.5.3 Moldagem dos corpos-de-prova

“Devem ser moldados, no mínimo, 4 (quatro) corpos de prova para cada 150 m² de pavimento ou para cada jornada de trabalho, retirado o concreto de pontos escolhidos, de modo a bem caracterizar a área concretada. Cada grupo de 4 (quatro) corpos de prova caracterizará uma amostra. O número de corpos-de-prova é para cada tipo de ensaio.”

Além de omitir a norma referente ao procedimento descrito, a quantidade de corpos-de-prova difere da recomendada pela DNIT 047/2004, que estabelece, no mínimo, 6 exemplares de corpos-de-prova, sendo cada exemplar constituído por, no mínimo 2 corpos-de-prova cilíndricos a cada trecho de, no máximo, 2500 m², devendo ser moldados de acordo com a NBR 5738.

4.5.4 Aceitação dos trechos

“O valor mínimo de resistência será calculado estatisticamente com os valores obtidos pela expressão:

$$\sigma_{r \min} = \sigma_{m 28} \cdot \left(1 - \frac{0,84CV}{100}\right)$$

Serão aceitos os trechos que, simultaneamente:

a) apresentarem, no máximo, 10 % dos valores das amostras rompidas inferiores à resistência (rmin);

b) não apresentarem nenhum valor de tensão inferior às tensões mínimas de ruptura para aceitação, aos 28 dias, a saber:

Compressão simples 300 Kg/cm²

Tração na flexão 41 Kg/cm²

Dos subtrechos que apresentarem amostras de resistências inferiores aos valores especificados anteriormente, a Fiscalização fará extrair, por placa, às expensas do Executante, no mínimo 2 corpos de prova cilíndricos de geratrizes

normais à superfície do pavimento, para serem submetidos à ensaio de ruptura. Os trechos que apresentarem valores médios de tensões inferiores as de aceitação serão considerados suspeitos. Destes trechos serão extraídos, no mínimo, 2 corpos de prova cilíndricos com 15 cm de diâmetro, por placa, às expensas do Executante, e ensaiados por compressão simples ate 60 dias de idade.”

Neste item, novamente há omissão da norma empregada para a realização da aceitação dos trechos, dificultando assim uma melhor análise do método desenvolvido.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar de forma crítica a utilização do concreto de cimento Portland em obra aeroportuária de pavimentação rígida detalhada nas especificações técnicas, e a partir dele podemos concluir que:

- Na maior parte dos aspectos analisados as especificações técnicas em estudo apresentam informações técnicas incompletas quanto à execução do empreendimento;
- A omissão da referência às normas constitui-se num fator de prejuízo ao projeto e à sua execução, visto que representa o passo inicial para o surgimento de conflitos entre a empresa Contratante e a empresa Contratada, dando margem à escolha de métodos duvidosos em sua natureza, sem respaldo técnico científico.
- A falta de informações necessárias ou a divulgação parcial das mesmas prejudica o papel desempenhado pela Fiscalização, enfraquecendo suas atividades de inspeção.
- O controle tecnológico, ferramenta imprescindível na execução da obra, deveria apresentar métodos e normas atualizados, garantindo os requisitos gerais para os quais o empreendimento foi projetado.
- Todos estes fatores reforçam a necessidade de uma metodologia mais eficaz relativa à elaboração das especificações técnicas, acompanhada de uma cuidadosa revisão de todos os itens especificados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland Comum**, 1991, NBR 5732.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland de alto-forno**, 1991, NBR 5735.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**, 2003, NBR 5738.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**, 2007, NBR 5739.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto - Especificação**, 2009, NBR 7211.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de concreto dosado em central**, 1984, NBR 7212.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**, 1996, NBR 7215.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**, 1994, NBR 7222.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland – Determinação da água da pasta de consistência normal**, 1991, NBR 11580.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega**, 1991, NBR 11581.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aditivos para concreto de cimento Portland**, 1992, NBR 11768.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Preparo, controle e recebimento**, 1996, NBR 12655.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Agregado graúdo para concreto de cimento**, 1997, EM 037.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Agregado miúdo para concreto de cimento**, 1997, EM 038.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Concreto – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos**, 1998, ME 046.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**, 1991, ME 091.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimento rígido – Água para amassamento do concreto de cimento Portland – Ensaio químicos – Método de Ensaio**, 2004, ME 036.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimento rígido – Selante de juntas – Especificação do Material**, 2004, ME 046.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte**, 2004, ES 047.

_____. **Licitações e Contratos da Administração Pública**. São Paulo: Ed. Saraiva, 2003. 358p.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Ed. Pini, 1997. 1v.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2008. 1v.

_____. **Circular Consultiva – AC 150/5320 – 6C: Pavimentos de Aeroportos, Projeto e Avaliação**. Departamento de Transportes, 1978. 230p.

_____. **Anexo 14: Aeródromos**. Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), 2004. 211p.

_____. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2004. 233p.

_____. **Manual de Obras Públicas: Práticas da SEAP**. (S.I.). (20--). 364p.

Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo. Acesso em 26/12/11. Disponível em <http://www.abcp.org.br/index-portal.php>.

Aeroporto Internacional do Recife / Guararapes-Gilberto Freyre: Histórico e Complexo Aeroportuário. Recife: Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Acesso em 26/12/11. Disponível em <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/aeroportos/pernambuco/aeroporto-internacional-do-recife.html>.

Rodovias & Vias. Curitiba. Acesso em 26/12/11. Disponível em <http://www2.rodoviasevias.com.br/revista/default.php?rvc=42>.

