



**PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES PARA EXECUÇÃO
DE PAVIMENTOS DE CONCRETO: estudo de caso referente às falhas
ocorridas durante a pavimentação do acesso à empresa localizada na cidade
de Belo Horizonte, MG**

BELO HORIZONTE
2014



DAISY BRUNO ALVES DOS SANTOS
DANIEL MACHADO RODRIGUES DA SILVA
LOHAN AMÂNCIO RIBAS

**PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES PARA EXECUÇÃO
DE PAVIMENTOS DE CONCRETO: estudo de caso referente às falhas
ocorridas durante a pavimentação do acesso à empresa localizada na cidade
de Belo Horizonte, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Rodrigo Moysés Costa.

BELO HORIZONTE
2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES PARA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO: estudo de caso referente às falhas ocorridas durante a pavimentação do acesso à empresa localizada na cidade de Belo Horizonte, MG

Por

DAISY BRUNO ALVES DOS SANTOS
DANIEL MACHADO RODRIGUES DA SILVA
LOHAN AMÂNCIO RIBAS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Belo Horizonte (MG) ____ de ____ de ____.

Prof. Rodrigo Moysés Costa

Prof. Ubirajara Alvim Camargos

Prof. Otávio Borba Vieira

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas possibilidades que tem criado em nossas vidas.

Ao nosso orientador pelo apoio e incentivo no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de curso, pela amizade e pelo companheirismo.

Aos professores, que muito contribuíram para a nossa formação e para a consolidação desta pesquisa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as principais falhas ocorridas na preparação de superfícies que receberão concreto usinado e as patologias decorrentes disso. O referencial teórico que norteia este estudo de caso baseia-se na discussão sobre os procedimentos errôneos praticados antes e durante a aplicação de concreto em um pavimento. A metodologia usada compreendeu basicamente de três etapas: observação aos procedimentos adotados na preparação da superfície (análise quanto à colocação das ferragens, nivelamento e a utilização de espaçadores), observação da aplicação do concreto (quanto ao espalhamento, o adensamento, o uso de vibrador e a espessura) e análise do pavimento alguns meses depois (análise das patologias existentes). Serão apresentadas as falhas ocorridas durante o processo de concretagem e as consequências.

Palavras chave: Pavimento rígido, patologias, concretagem, preparação de superfície.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura típica do Pavimento Intertravado	22
Figura 2 – Formas de deslocamento dos blocos de concreto	26
Figura 3 – Pavimento com deformidades.....	28
Figura 4 – Pavimento intertravado	29
Figura 5 – Superfície com armadura	30
Figura 6 – Aparelho para <i>Slump Test</i>	33
Figura 7 – Tanque de cura para os corpos de prova	34
Figura 8 – Disposição do disco de borracha junto ao corpo de prova	35
Figura 9 – Prensa utilizada para os rompimentos.....	36
Figura 10 – Tela colocada irregularmente e a presença de “lama”	39
Figura 11 – Uso da régua vibratória e sarrafeamento	41
Figura 12 – Pavimento com a cura química no dia seguinte à concretagem	42
Figura 13 – Início do descolamento no terceiro dia após a concretagem	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Densidades dos MCC utilizados.....	31
Tabela 2 – Resultados dos rompimentos na idade de três dias	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Prazo previsto para execução do piso.....	31
---	----

LISTA DE ABREVEATURAS

A/C	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO
ABCP	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCRETO PORTLAND
ABESC	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE CONCETAGEM DO BRASIL
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ARI	ALTA RESISTÊNCIA INICIAL
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS
°C	GRAU(S) CELSIUS
C400/FR	MODELO DA PRENSA
CP's	CORPOS DE PROVA
DNIT	DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
ES	ESPECIFICAÇÃO (REFERENTE À NORMA)
fc3	RESISTÊNCIA NA IDADE DE TRÊS DIA
IPT	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
ME	MÉTODO DE ENSAIO
MCC	MATERIAL CONSTITUINTE DO CONCRETO
MPa	MEGAPASCAL
NBR	NORMA BRASILEIRA
PRO	PROCEDIMENTO (REFERENTE À NBR)
PVA	POLIACETATO DE VINILA
SiO ₂	ÓXIDO DE SILÍCIO
Si	SILÍCIO METÁLICO

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO	iii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE ABREVEATURAS	vii
SUMÁRIO.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo Geral	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. HIPÓTESE	3
1.4. JUSTIFICATIVAS	3
1.4.1. Tecnológicas.....	3
1.4.2. Econômicas	4
1.4.3. Sociais	4
1.4.4. Ecológica	5
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	5
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. PAVIMENTO RÍGIDO	7
2.1.1. Tipos de Pavimentos de Concreto	8
2.1.2. Execução do Pavimento de Concreto.....	10
2.1.3. Mistura e Traços de Concreto	14

2.1.4. Sílica.....	17
2.1.5. Retração.....	17
2.1.6. Cura	18
2.2. PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO.....	20
2.2.1. Estrutura Típica do Pavimento	21
3. METODOLOGIA	27
3.1 DIAGNÓSTICO	28
3.1.1. Avaliação das características funcionais.....	28
3.2. O TIPO DE PAVIMENTO	29
3.3. O TRAÇO ESCOLHIDO.....	30
3.4. TRAÇO EXPERIMENTAL.....	32
3.5. A CURA DOS CORPOS DE PROVA	34
3.6. ROMPIMENTOS.....	35
3.6.1. A prensa.....	36
3.7. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE	38
3.7.1. Falhas na preparação da superfície.....	38
3.8. APLICAÇÃO DO CONCRETO.....	40
3.8.1. Falhas na aplicação do concreto.....	41
3.9. CURA DO CONCRETO	42
3.10. CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS OCORRIDAS.....	43
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	44
4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
4.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
6. ANEXOS	51

1. INTRODUÇÃO

O primeiro pavimento de concreto foi construído na Court Avenue, em Bellefontaine, Ohio, em 1893. A obra foi concebida e executada por um farmacêutico e químico chamado George Bartholomew, que propôs a construção do pavimento às suas expensas e receber o pagamento somente após um período de prova da qualidade da solução, por cinco anos. O trabalho foi bem sucedido e, com isso, foi dada a partida ao estabelecimento de uma técnica consagrada, atrativa e econômica, que supre a necessidade pública de contar com pavimentos duráveis e que permitem tráfego seguro, confortável e eficiente em qualquer idade (MORAES & SILVA, 2010).

Até o final da década de 70, empregou-se em larga escala os pavimentos de concreto no Brasil. Nos últimos 20 anos, foram desenvolvidas 43 normas e procedimentos para pavimentos à base de cimento, 33 manuais e melhores práticas (ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND).

Devido ao emprego de novas tecnologias e difusão da informação, sua utilização e aceitação está cada vez maior. A maior durabilidade aliada à necessidade de pouca manutenção faz com que os pavimentos de concreto sejam cada vez mais escolhidos. Mas o concreto em si não garante tais benefícios. É de suma importância que a superfície a ser concretada seja bem preparada para receber o concreto.

O uso indiscriminado de adições no traço do concreto também pode prejudicar/anular o desempenho do mesmo. Falhas na aplicação reduzem a resistência, a qualidade e a estética do resultado final.

A preparação da superfície a ser concretada deve ocorrer de forma cautelosa, pois a não observância a todos os detalhes desta etapa inicial podem gerar patologias e prejuízos quanto à estética do pavimento. Neste estudo de caso serão listadas as falhas ocorridas durante a preparação de uma superfície a ser

concretada no acesso à empresa localizada na cidade de Belo Horizonte, bem como as consequências destas falhas.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as consequências da preparação inadequada de superfícies a serem concretadas?

1.2. OBJETIVOS

Apresentam-se a seguir o objetivo geral e os específicos do presente trabalho.

1.2.1. Objetivo Geral

Mostrar como a preparação inadequada de superfícies a serem concretadas afeta a qualidade e a estética do resultado final.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) mostrar as falhas que ocorreram durante a preparação da superfície;
- b) mostrar as consequências da preparação inadequada da superfície.

1.3. HIPÓTESE

Acredita-se que a preparação inadequada da superfície e as falhas durante a aplicação do concreto foram determinantes para o surgimento de fissuras e descolamento do pavimento.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste tópico serão apresentadas as justificativas tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas que motivaram esse trabalho.

1.4.1. Tecnológicas

O pavimento de concreto é uma técnica nova e sua implantação tem custos elevados, a sua vida útil é considerável e a manutenção é bem inferior ao pavimento utilizado em larga escala no sistema viário brasileiro. Por ser uma técnica pouco difundida a sua execução e concepção ainda são passivas de erros o que reforça estudos como o desenvolvido neste trabalho.

Com a utilização cada vez maior de novas tecnologias como essa, se vê necessário ampliar os estudos em prol da qualidade, durabilidade e viabilidade econômica dos produtos fabricados, reforçando assim a confiabilidade da tecnologia/técnica.

1.4.2. Econômicas

A justificativa econômica que fundamenta este trabalho é a necessidade cada vez maior de se produzir pavimentos de concreto com maior vida útil e menor custo de manutenção. Além de grande durabilidade com pouca manutenção, os pavimentos de concreto proporcionam economia com energia elétrica na iluminação pública, operação e com combustível. A economia com combustível pode chegar até 20 % nos ônibus e caminhões, principalmente quando carregados (VIZZONI, 2014).

O pavimento de concreto proporciona uma considerável economia para a sociedade e o Poder Público, tendo em vista que o dinheiro economizado com manutenção e iluminação pública pode ser utilizado para viabilizar novas obras viárias (MOSCHETTI, 2010).

1.4.3. Sociais

Algumas características do pavimento de concreto devem ser levadas em consideração como: a redução dos riscos de acidentes por não se deformar, não forma trilhas de roda, a texturização na sua superfície funciona como microdrenagem eliminando o fenômeno da aquaplanagem e a distância de freagem diminui consideravelmente em relação ao pavimento asfáltico (VIZZONI, 2014).

O pavimento de concreto ainda oferece vários benefícios ao usuário como a o excelente conforto de rolamento, redução do desgaste dos pneus, maior visibilidade e principalmente segurança durante a utilização. Portanto, hoje é considerada uma alternativa viável para países em desenvolvimento como o Brasil.

1.4.4. Ecológica

Os pavimentos de concreto possuem várias vantagens ecológicas como:

- a) as adições utilizadas no concreto não agridem o meio ambiente;
- b) a superfície reflexiva do pavimento contribui para a redução da temperatura ambiente, como consequência diminui a formação de ilhas de calor nos grandes centros urbanos;
- c) o material utilizado na fabricação o pavimento é totalmente reciclável;
- d) a economia de combustível, que por consequência traz uma menor incidência de gases na atmosfera;

Segundo Carvalho (2007), no pavimento de concreto não ocorre o fenômeno de lixiviação, portanto “não promove a ocorrência de águas percoladas capazes de contaminar o lençol freático ou de águas superficiais capazes de contaminar cursos d’água ou mananciais”. Além disto, na fabricação do cimento, que é parte integrante do concreto, utiliza muitos subprodutos gerados nas indústrias como, escória de alto forno, cinzas volantes de termoeletricas, gesso sintético, dentre outros. Sendo assim, produtos poluentes são retirados do meio ambiente (GILBLIN, 2002).

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização deste trabalho contou-se com a autorização do responsável pela pavimentação, o que permitiu o acompanhamento e registros de todo o processo. O trabalho discorre através de ricas bibliografias e pesquisa de campo, contando com a participação efetiva de membros do grupo em todo o

processo, interno e externo, desde a análise da preparação da superfície até a efetiva participação do processo de concretagem.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho estrutura-se em seis capítulos, sendo que o capítulo 1 é a Introdução deste estudo. No Capítulo 2, apresentam-se as noções teóricas a respeito de pavimentos rígidos de concreto e os principais elementos que norteiam o universo da pavimentação de concreto.

No capítulo 3 descreve-se a metodologia que orientou esta pesquisa, com destaque para a estratégia de pesquisa, o processo de escolha do traço mais adequado, os ensaios realizados, a observação das falhas ocorridas durante o processo e o lançamento do concreto. Todo este cenário gira em torno de uma conceituada empresa do ramo de concreto, localizada na cidade de Belo Horizonte. A empresa encarregada de fornecer o concreto, localizada também em Belo Horizonte, será referida como “Empresa X” no decorrer deste estudo. A empresa que executou o serviço de aplicação do concreto será identificada no texto com “Empresa A”.

O Capítulo 4 expõe as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros.

Por fim, encontram-se as Referências e os Anexos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos gerais de pavimento rígido e aspectos que envolvem sua produção. Também serão apresentados conceitos sobre pavimentos intertravados com foco na sua estrutura: subleito, sub-base, base, camada de assentamento, confinamento e revestimento.

2.1. PAVIMENTO RÍGIDO

De uma forma geral, o pavimento pode ser definido como a estrutura projetada para suportar, transmitir e distribuir as cargas e pressões resultantes do tráfego de veículos. Essa estrutura é construída sobre um solo com características de fundação, capaz de suportar tais cargas sem que o conjunto sofra deformações, desgastes superficiais, rupturas ou ações do tempo (SILVA, 2008).

De acordo com a NBR 7207/82 da ABNT, “o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

- a) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”.

Quanto ao pavimento rígido, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), “é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado”. Caracteriza-se pela resistência, durabilidade, baixo custo de manutenção, economia em iluminação pública, risco

menor de acidentes, menor temperatura superficial, dentre outras. Apesar do custo inicial mais elevado, o ciclo de vida longo e os baixos investimentos em manutenções ao longo dos anos fazem com que a pavimentação de concreto seja a melhor escolha (PORTAL DO CONCRETO, 2014).

A melhor definição de pavimento de concreto, segundo CURTI (2012), é aquele cujo “consumo de cimento é relativamente alto, baixa relação água/cimento e elevada resistência à tração na flexão, à compressão e à abrasão, sem armadura distribuída, estrutural ou não”.

Existem pavimentos com diferentes características e definições, quanto à forma de distribuição de tensões podendo ser rígidos, flexíveis ou semirrígidos. No entanto, o objeto de estudo deste trabalho é o pavimento rígido, portanto, serão apresentados no próximo tópico os diferentes tipos do pavimento.

2.1.1. Tipos de Pavimentos de Concreto

Historicamente os tipos de pavimentos são divididos em duas grandes classes: pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Existem ainda os chamados de semirrígidos e semiflexíveis, que utilizam bases que apresentam muita resistência à tração (FRANCELINO, 2009).

Os classificados como pavimento de concreto (rígidos) possuem vários subtipos com características variadas, alguns sem função estrutural e outros estruturalmente armados. Para a ABCP, os pavimentos de concreto podem ser:

- a) simples: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. O concreto resiste aos esforços solicitantes sem nenhum tipo de armadura, sendo dotados de juntas transversais e longitudinais;

- b) simples com barra de transferência: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. O concreto resiste aos esforços solicitantes, sem armadura distribuída, com juntas transversais e longitudinais, sendo as transversais dotadas de barras de transferência de carga;
- c) simples com armadura distribuída descontínua, sem função estrutural: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. O concreto resiste aos esforços solicitantes, sendo dotado de armadura distribuída descontínua, sem função estrutural, com juntas transversais e longitudinais, sendo as transversais dotadas ou não de barras de transferência, em função do projeto;
- d) simples com armadura distribuída contínua, sem função estrutural: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. O concreto resiste aos esforços solicitantes, sendo dotado de armadura distribuída contínua, sem função estrutural. Não existem juntas transversais de retração, apenas juntas longitudinais de articulação ou de construção;
- e) estruturalmente armado: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento a armadura tem função estrutural, ou seja, é ela que resiste aos esforços solicitantes. O pavimento é dotado de juntas transversais com barras de transferência. As espessuras do concreto são inferiores às calculadas para o concreto simples;
- f) protendido: constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento a armadura tem função estrutural, conforme os critérios do

cálculo de concreto protendido. O pavimento é dotado apenas de juntas especiais de construção, tanto transversais quanto longitudinais. As espessuras de concreto são inferiores às calculadas para concreto simples.

2.1.2. Execução do Pavimento de Concreto

O departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) apresenta três normas técnicas com diretrizes para a execução de pavimentos rígidos de concreto simples de cimento Portland, utilizando equipamentos de pequeno porte (DNIT 047/2004- ES), de fôrma-trilho (DNIT 048/2004-ES) e de fôrma-deslizante (DNIT 049/2013-ES).

Serão apresentadas a seguir diretrizes para a execução do pavimento rígido de concreto simples de cimento Portland, utilizando processo mecânico com equipamento de pequeno porte, processo normatizado pelo DNIT 047/2004-ES. Conforme a Norma em questão, “o pavimento de concreto simples e o pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento Portland, não armadas ou eventualmente com armadura sem função estrutural, que desempenham simultaneamente as funções de base e revestimento”.

Outra definição de acordo com a NBR 7583, pavimentos de concreto simples são aqueles em que “as tensões solicitantes são combatidas tão somente pelo próprio concreto, e que não contém nenhum tipo de armadura distribuída, não se considerando como armadura, neste caso, eventuais sistemas de ligação ou de transmissão de carga entre as placas”.

No tópico a seguir serão apresentadas as principais fases de execução do pavimento de concreto simples de acordo com as normas DNIT 047/2004-ES e a NBR 7583/86. Essas normas apresentam valiosas diretrizes para a execução

de pavimentos de concreto (pavimentos rígidos) visando qualidade e durabilidade.

2.1.2.1. Preparação do Subleito e Sub-base

As normas citadas anteriormente salientam que as primeiras etapas de execução do pavimento rígido são: a preparação do subleito e posteriormente a execução da sub-base. O subleito e a sub-base podem ser considerados como a fundação do pavimento, pois os mesmos têm a finalidade de garantir a capacidade estrutural exigida em projeto.

Após a execução do subleito, o mesmo deverá ser testado por meio de provas de cargas, descobrindo assim o coeficiente de recalque (k) de acordo com a norma do DNIT 055/2004-ME.

A sub-base poderá ser constituída de diversos materiais, observando sempre suas características e capacidades de suporte. O DNIT apresenta algumas formas de execução e materiais diferentes como, por exemplo, a sub-base constituída de cimento de concreto Portland compactada com rolo (DNIT 056/2013-ES), a execução de sub-base melhorada com cimento (DNIT 057/2004-ES), a execução de sub-base de solo-cimento (DNIT 058/2004-ES) e a sub-base de concreto de cimento Portland adensado por vibração (DNIT 065/2004-ES).

Em alguns casos pode-se isolar a sub-base da placa de concreto, conforme Moscatelli (2011), “com a finalidade principal de reduzir-se o coeficiente de atrito entre ambas, com a utilização de um filme plástico (espessura mínima de 0,15 mm), (lonas pretas); nas regiões das emendas, deve-se promover uma superposição de pelo menos 20 cm”.

2.1.2.2. Fôrmas

Com relação às fôrmas, na etapa de execução do pavimento rígido são descritos critérios que:

- a) deverão ser fixadas com ponteiros de aço obedecendo ao limite máximo de um metro entre ponteiros para evitar deslocamentos indesejados;
- b) o nivelamento e o alinhamento das fôrmas deverão atender às especificações estabelecidas no projeto, bem como a espessura do fundo de caixa. Admite-se desvios altimétricos de até 3mm e diferença planialtimétricas não superiores a 5mm com relação ao projeto. Além disso, devem-se untar as fôrmas para manter a integridade do pavimento, evitar perda e facilitar a desmoldagem.

Além do relatado anteriormente a Norma DNIT 056/2013-ES estabelece que “as fôrmas só poderão ser retiradas quando decorrerem pelo menos 12 horas após a concretagem”. No entanto, poderão ser estipulados prazos diferentes desde que o concreto possua características que permitam a antecipação ou o retardamento da desmoldagem. A retirada inadequada ou no tempo errado das fôrmas pode causar a quebra das bordas da placa. Posteriormente à imediata retirada das fôrmas, deverá ser aplicado o mesmo processo de cura utilizado ao longo do pavimento.

2.1.2.3. Etapas de Produção, Transporte, Lançamento, Espalhamento, Adensamento e Acabamento

A produção do concreto poderá ser realizada em centrais ou utilizando-se de betoneiras estacionárias. Entretanto, quando o concreto é fornecido por usina deverão ser atendidas as exigências da NBR 7212.

O transporte do concreto deve ser realizado em equipamentos adequados que evitem a segregação da mistura. O equipamento mais indicado é o caminhão betoneira, pois possibilita a agitação do concreto durante o transporte e amplia o tempo de 30 minutos para 90 minutos entre a mistura e o lançamento. A redosagem é expressamente proibida, pois poderá alterar as características do material.

A mesma norma enfatiza que o lançamento do concreto deverá ser feito, de preferência, lateralmente à faixa a executar.

Na fase de espalhamento poderão ser utilizados equipamentos mecânicos e/ou manuais, no entanto, o equipamento utilizado deverá garantir a homogeneidade da camada a ser adensada.

Quanto ao adensamento do concreto, “deverá ser feito por vibradores de imersão e pela régua vibratória”. Os vibradores são aplicados nos cantos das fôrmas com a finalidade de corrigir deficiências no adensamento. A planicidade da superfície não pode ter variação superior a 5mm em relação a estabelecida no projeto. Caso aconteça, a depressão ou a saliência deverá ser corrigida imediatamente.

Para MOSCATELLI (2011), “as etapas de lançamento, adensamento e acabamento deverão ser realizadas normalmente, devendo-se sempre contratar empresas que possuam equipamentos adequados para a sua execução”.

O acabamento é realizado após o adensamento, normalmente com régua acabadoras cujo sentido de movimento é longitudinal. Posteriormente são executadas ranhuras contínuas e uniformes, transversalmente à placa. Podem ser

usadas tiras de lona ou vassouras de fios de nylon. CURTI (2012), afirma que a texturização “consiste de prover de ranhuras a superfície do pavimento, aumentando o atrito entre ele e os pneumáticos. Serve também como uma espécie de micro drenagem, para evitar a formação de lâminas d’água capazes de produzir a aquaplanagem”.

2.1.2.4. Execução e Preenchimentos das Juntas

Conforme estabelece a norma DNIT 047/2004- ES, “as juntas devem estar em conformidade com as posições indicadas no projeto, não se permitindo desvios de alinhamento superiores a 5mm”. As juntas possuem a finalidade de garantir a movimentação das placas, evitando assim o aparecimento de fissuras. Tais juntas podem ser classificadas como: longitudinais, transversais ou de construção, sendo que as mesmas são indicadas em projeto.

Na etapa de preenchimento das juntas, deverão ser observadas as seguintes recomendações: a limpeza correta dos sulcos, os sulcos deverão estar secos, o selante ser cuidadosamente aplicado para não respigar na superfície, a remoção do excesso de material e dos respingos e, a profundidade de penetração do selante conforme estabelecido no projeto (DNIT 047/2004-ES).

2.1.3. Mistura e Traços de Concreto

O concreto é uma mistura de vários componentes em determinadas proporções que, na linguagem da construção civil, denomina-se dosagem do traço. A mistura ou amassamento consiste em fazer com que os materiais componentes se misturem e que a pasta de cimento envolva as partículas dos agregados (ASSIS, 2012).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT se baseia na determinação de um traço inicial para a dosagem de concretos. Por meio de experimentos são obtidas informações a partir das quais são feitos ajustes das propriedades de interesse em função dos materiais disponíveis. A função do ajuste experimental é verificar os comportamentos do concreto no estado fresco e endurecido, comparando com as necessidades do projeto estrutural (CAPITELI, 2004).

O ponto de partida para início dos ensaios é procurar por intermédio da granulometria dos agregados, as proporções para uma mistura de forma a se obter um máximo de compacidade destes agregados que estão disponíveis para a confecção de um lote de concreto. A finalidade dessa mistura é a obtenção da máxima aproximação a uma curva de alta compactação com a menor dispersão possível.

Após a definição das proporções dos agregados é iniciado um traço com fator água cimento próximo ao de utilização (se for possível). O teor de água pode ser pré-formulado por uma equação para os concretos plásticos e pelo teor de umidade dos concretos semi secos. A quantidade de água é ajustada diretamente nos equipamentos de produção. Em seguida, com a relação água/materiais secos e os vários fatores água/ cimento obtidos (mínimo de quatro), obtém-se diversas relações cimento agregados (“m”). Após esses ensaios, são rompidos os corpos de prova cilíndricos. Assim, são formuladas as correlações dos fatores água/cimento versus resistências. Assim, tem-se os parâmetros para o traço final para uma determinada resistência.

Os traços de um concreto são normalmente preparados para atender aos requisitos de trabalhabilidade, resistência, durabilidade e economia. Existem inúmeros procedimentos para se obter um traço com essas propriedades. Esses procedimentos levam em consideração as características da estrutura, a forma de transporte, o adensamento, o lançamento e a cura do concreto. No entanto, as características dos materiais variam consideravelmente, de jazida para jazida, de

forma que, os procedimentos não podem ser generalizados. Sendo assim, os traços obtidos provavelmente irão necessitar de correções. (Manual de Pavimento Rígido, 2006).

Segundo o Manual de Pavimento Rígido (2006), “a experiência mostra que no concreto destinado à execução de um pavimento, os aspectos principais na definição do traço, são”:

- a) a relação água-cimento;
- b) o teor de argamassa e;
- c) o teor de água, expresso sob a forma de água unitária (consumo de água por m³ de concreto) ou pela relação água-mistura seca que variam entre limites muito próximos, o que reduz de forma significativa o trabalho experimental.

Os traços para pavimento rígido são constituídos pelos seguintes materiais:

- a) cimento Portland;
- b) água;
- c) agregado graúdo;
- d) agregado miúdo;
- e) aditivo redutor de água (plastificante);
- f) aditivo incorporador de ar;
- g) adições minerais ativas;
- h) fibras.

A norma DNIT 054/2004 – PRO, apresenta os requisitos que devem ser adotados no estudo das dosagens de traços destinados ao pavimento. Essas dosagens devem apresentar características que atendam aos requisitos de resistência característica e consistência (Trabalhabilidade).

2.1.4. Sílica

A sílica é um produto decorrente do processo de fabricação do silício metálico ou ferro sílico, um elemento químico de símbolo “Si” cujas propriedades permitem sua utilização tanto em compósitos de cimentos como na fabricação de vidros e cristais para janelas e isolantes. Do silício metálico é gerado o gás SiO, que ao sair do forno elétrico oxida-se, formando o SiO₂, sendo então captado por filtros manga e devidamente armazenado em silo para a sua comercialização. A sílica age ativamente em concretos e argamassas, conferindo-lhes alta resistência e durabilidade (HOFFMANN, 2001).

De acordo com as informações contidas na ficha técnica do produto, a sílica pode ser aplicada em grandes estruturas, edifícios, obras marítimas, hidráulicas, reparos em obras de concreto, pisos industriais, peças mecânicas, pré-moldados, concreto projetado, graustes e argamassas. Sua utilização proporciona um aumento médio de 78% na resistência à compressão, maior durabilidade, maior coesão em concretos e argamassas, melhor desempenho e abrasão.

2.1.5. Retração

O fenômeno e redução de dimensões que ocorre em peças de concreto devido à perda de água é chamado de retração (retração por secagem) em razão da redução dos produtos de hidratação, ou ainda, por retração plástica, que ocorre antes da pega. A retração por secagem é mais significativa quando se trata de pavimentos. Devido à existência de grande área exposta ao ar. A retração depende das características do material, bem como da área, do volume e das condições climáticas. Somente ocorre a retração por secagem quando a umidade relativa do ar é inferior a 100% (OLIVEIRA, 2000).

Para Silva (2008), a retração pode ser hidráulica ou plástica do concreto. A plástica é “devido à evaporação da água de amassamento, causada pela ação do Vento e do Sol Forte, além da baixa Umidade Relativa, antes do concreto endurecer” As manifestações patológicas decorrentes da retração plástica ocorre em virtude de falhas na cura inicial do concreto e, ou tempo muito longo do início de pega do cimento. Os produtos de cura eficazes para evitar esse tipo de fissuração devem atender à ASTM C 309, pois assim garantem a sua qualidade.

A retração hidráulica “é caracterizada pela perda de água adsorvida e ocorre após o endurecimento do concreto”. Para esse caso, as manifestações patológicas ocorrem devido ao excesso de água no traço (L/m^3) e a falta de cura. Sabe-se que quanto mais água de amassamento maior é a retração, portanto, maior a possibilidade de fissuração (SILVA, 2008).

2.1.6. Cura

A cura do concreto é uma etapa fundamental no processo de execução do pavimento, pois possui funções como: impedir a evaporação rápida da água de amassamento do concreto, manter a temperatura do concreto próxima da temperatura ambiente e, manter a temperatura razoavelmente uniforme ao longo da espessura da placa de concreto. Essas funções contribuem abundantemente para a qualidade e durabilidade do pavimento (PITTA, 1998).

O objetivo da cura, segundo CURTI (2012), “é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível de saturado, até que os espaços da pasta de cimento fresca, inicialmente preenchido com água, tenham sido preenchidos pelos produtos de hidratação do cimento até uma condição desejável”.

A norma DNIT 047/2004-ES, recomenda que o “período total de cura deverá ser de 7 dias, compreendendo um período inicial de aproximadamente 24

horas, contadas tão logo seja terminado o acabamento do pavimento, seguido de um período final, até o concreto atingir o idade de 7 dias”.

Segundo ABESC, BARDELLA, VIZZONI e MOSCATELLI a cura pode ser feita por um dos seguintes processos:

- a) cura úmida: consiste em manter a superfície do concreto úmida por meio de aplicação de água na sua superfície ou manter o concreto coberto com água ou totalmente imerso em água para evitar que ocorra evaporação da mesma. Os materiais utilizados nesse processo podem ser: água, tecido de algodão, lençol plástico, lençol de papel betumado ou alcatroado, dentre outros. Estes materiais deverão ser umidificados constantemente para não perderem a função, como de proteger o concreto de intempéries e da perda brusca de umidade;
- b) cura química: consiste em aspergir um produto que forma uma película na superfície do concreto e que impede que haja evaporação da água do concreto. Para MOSCATELLI (2011), “no caso de cura química, deve ser aplicada imediatamente após o acabamento podendo ser à base de PVA, acrílico ou qualquer outro composto capaz de produzir um filme impermeável e que atenda a norma ASTM C 309:2011”. O DNIT 047/2004-ES também enfatiza que “os compostos químicos líquidos deverão ser à base de PVA ou polipropileno, ter pigmento branco ou claro e obedecer aos requisitos da norma ASTM C 309”. A cura química é a mais utilizada no processo de execução de pavimentos de concreto devido a grande praticidade na aplicação e a não necessidade de aplicação constante de água. A taxa mínima de aspersão é de $0,25 \text{ l/m}^2$, podendo chegar a $0,50 \text{ l/m}^2$;

- c) cura térmica feita em câmaras: contribui para a otimização do traço ao mesmo tempo em que garante a umidade necessária ao concreto, acelerando a velocidade de ganho de resistência pelo aquecimento. É considerada a cura mais eficiente e é muito utilizada em empresas que trabalham com concreto pré-moldado. Por reduzir o tempo de cura permite a utilização de fôrmas, leitos de protensão e equipamentos de cura em intervalos mais frequentes, reduzindo as áreas de estocagem e permitindo colocar peças em serviço em um período menor ao que se teria se fosse utilizado um procedimento de cura convencional.

2.2. PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Historicamente, os primeiros pavimentos intertravados foram originados e executados na Mesopotâmia há aproximadamente 5.000 anos a.C., cujo material utilizado como revestimento eram pedras. Esse tipo de pavimento foi utilizado em larga escala pelos romanos desde 2.000 a.C. e somente na década de 70, após a Segunda Guerra Mundial quando os blocos passaram a ser produzidos em fábricas, principalmente na Alemanha, que os blocos chegaram ao Brasil (MANUAL DE PAVIMENTO INTERTRAVADO, 2010).

Atualmente, no Brasil, o uso do pavimento intertravado de concreto vem crescendo consideravelmente na pavimentação de vias urbanas com médio e baixo tráfego de veículos e na execução de passeios. Esses pavimentos ainda possuem o atrativo de reduzir o escoamento superficial em até 100%, dependendo do volume de água (SOUZA, 2013).

A técnica de pavimentos intertravados conta com normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15953/2011 e NBR 9781/2013,

e também com os manuais da Associação Brasileira de Cimento Portland. Na NBR 15953/2011 o pavimento intertravado é caracterizado como:

“pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção”.

No tópico a seguir será apresentada a estrutura do pavimento intertravado, destacando-se o subleito, as camadas de sub-base, base, assentamento e de revestimento. Também será apresentada a importância do intertravamento e do confinamento dos blocos de concreto.

2.2.1. Estrutura Típica do Pavimento

A estrutura típica constituída pelas camadas: subleito, sub-base, base, assentamento e revestimento de um pavimento intertravado estão representa na Figura 1.

Pose-se dizer que cada camada possui funções fundamentais para garantir o desempenho e a durabilidade do pavimento. As cargas aplicadas na superfície (camada de revestimento) são dissipadas pelas camadas de tal maneira que o subleito receba uma fração reduzida da carga. Sendo assim, as camadas devem ser bem executadas observando as especificações das normas vigentes e manuais de instituições de renome e experiência comprovada, como: as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15953/2011, NBR 9781/2013, NBR 9780/1987 e a Associação Brasileira de Cimento Portland.

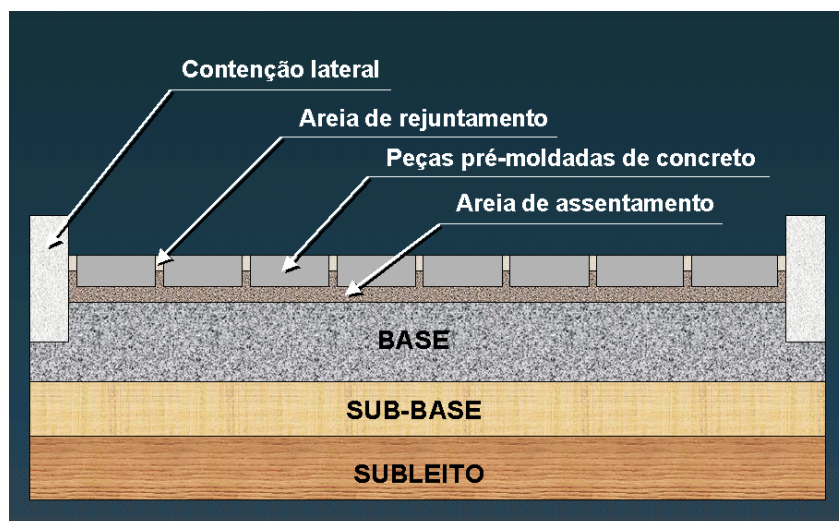


Figura 1 – Estrutura típica do Pavimento Intertravado
Fonte: (MILLER, 2005)

2.2.1.1. Subleito

O subleito é a primeira etapa na execução dos pavimentos, constituído pelo solo natural do local ou proveniente de empréstimo. As características do solo não podem ser expansivas, pois poderá comprometer a integridade do pavimento. Além das características do solo deve-se observar a limpeza do subleito como: a retirada de raízes, plantas e matérias orgânicas, ou seja, todos os objetos estranhos que venham danificá-lo (PAVIMENTOS INTERTRAVADOS PREPARO DA FUNDAÇÃO, ABCP).

Segundo a (Associação Brasileira de Cimento Portland: preparo da fundação), o subleito deverá atender as especificações estabelecidas no projeto e as seguintes condições mínimas:

- a) “for constituído de material com $\text{CBR} > 2 \%$ e expansão volumétrica $\leq 2 \%$;
- b) estiver limpo, seco e drenado;
- c) estiver adequadamente compactado na cota de projeto com um grau de compactação mínimo igual a 100% , considerada a

energia normal de compactação, numa profundidade mínima de 60 cm;

- d) estiver dotado com os caimentos previstos para a drenagem superficial do pavimento, conforme previsto no projeto (mínimo de 2 %)

2.2.1.2. Sub-base e Base

A execução da estrutura de fundação do pavimento intertravado representa uma etapa crucial para garantir a durabilidade e a qualidade da pavimentação. A (Associação Brasileira de Cimento Portland: preparo da fundação), relata que “no caso de pavimento intertravado, a experiência mostra que a compactação inadequada da sub-base ou da base é uma causa comum de insucesso do pavimento”.

Para a compactação da base e sub-base recomenda-se a espessura mínima de 10 cm e máxima de 15 cm por camada, e energia de compactação intermediária, com grau de compactação mínimo de 100% (PAVIMENTOS INTERTRAVADOS - PREPARO DA FUNDAÇÃO, ABCP).

Segundo SENÇO (2001), a sub-base “é a camada complementar à base, quando, por circunstância técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito”.

A camada de base segundo a NBR 11170/1990 é definida como a “camada destinada a resistir aos esforços oriundos dos veículos, distribuindo-os às camadas subjacentes, e sobre a qual se constrói o revestimento”.

Os materiais mais indicados para compor a sub-base e base são: a bica corrida, a brita graduada, o cascalho, os solos melhorados com cimento dentre outros, desde que bem especificados. Para a base ainda pode-se utilizar os seguintes materiais estabilizados com cimento: solo cimento, a brita graduada

tratada com cimento e o concreto rolado. Assim como no subleito na sub-base e na base o solo deverá estar devidamente limpo e que sejam bem graduados para que haja coesão do solo quando compactado (PAVIMENTOS INTERTRAVADOS - PREPARO DA FUNDAÇÃO, ABCP).

O Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland (2010) e a (Associação Brasileira de Cimento Portland: preparo da fundação), reforçam que se deve atender as especificações estabelecidas em projeto e alguns requisitos importantes quanto à camada de base:

- a) índice de suporte Califórnia (CBR) no mínimo igual a 80 %;
- b) expansão volumétrica máxima igual a 0,5 %;
- c) limite de liquidez (LL) no máximo igual a 25 %;
- d) índice de plasticidade (IP) no máximo igual a 6 %;
- e) a superfície não deve apresentar variações superiores a 2cm em relação a cota de projeto;
- f) inclinação de 2% a 3% no pavimento, para que se permita a drenagem de água pluvial.

2.2.1.3. Camada de Assentamento, Revestimento e Intertravamento/Confinamento

A areia de assentamento, segundo SOUZA (2013), “tem a função de assentar e intertravar os blocos, além de servir de elemento estrutural de ligação entre a base compactada do pavimento e os blocos intertravados de concreto”. A camada de areia de assentamento também é capaz de fazer a drenagem da água do pavimento, devido a sua estrutura granular.

O Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), recomenda que a camada de assentamento deva ser

composta de “área média limpa e seca. A espessura da camada deve ser uniforme e constante”. A espessura da camada de areia deve ser uniforme e obedecer aos limites entre 3 cm e 4 cm, conforme o mesmo manual.

A NBR 15953 (ABNT, 2011), apresenta requisitos importantes a serem seguidos quanto à execução da camada de assentamento, como:

- a) a umidade do material deve estar entre 3% e 7% no momento da aplicação;
- b) o material de assentamento deve cumprir as especificações da NBR 7211 quanto à presença de torrões de argila, materiais friáveis e impurezas orgânicas;
- c) a camada de assentamento deve ser uniforme e constante com espessura de 5 cm com variação máxima de menos 2 cm, na condição não compactada ou conforme especificação de projeto;
- d) a dimensão máxima característica do material de assentamento deve ser menor que 5 vezes a espessura da camada de assentamento já compactada.

Quanto ao revestimento do pavimento intertravado, pode-se dizer que é a camada composta pelas peças de concreto e material de rejuntamento, e que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos, tráfego de pedestres ou suporte de cargas, conforme o Manual de Pavimento Intertravado (2010). A camada ainda estabelece segundo MILLER (2005):

“a condição de rolamento (conforto ao usuário), durabilidade do pavimento e contribui decisivamente para a função estrutural do pavimento (distribuição de tensões) por meio de suas características de intertravamento, além de suportar as tensões cisalhantes superficiais de contato das rodas dos veículos”.

O intertravamento do pavimento, segundo MILLER (2005), é a “característica que o pavimento de peças pré-moldadas de concreto tem de resistir aos esforços de deslocamentos individuais das peças, sendo estes

verticais, horizontais, de rotação e giração em torno das peças vizinhas”, conforme mostra a Figura 2.

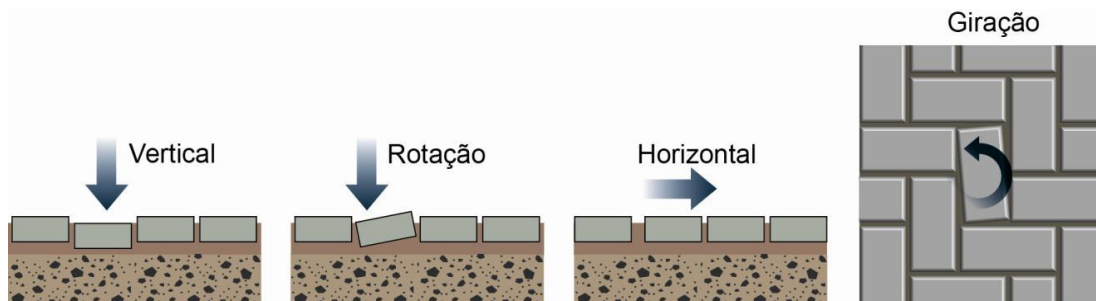


Figura 2 – Formas de deslocamento dos blocos de concreto
Fonte: (SILVA, ABCP)

O travamento adequado do pavimento é indispensável ao seu desempenho e durabilidade, pois ele confere às peças de concreto a capacidade de transmitir para a camada de base as cargas aplicadas de forma distribuída (MILLER, 2005).

Para proporcionar essas características aos blocos de concreto o (Manual de Pavimentos Intertravados da ABCP, 2010) definem dois passos importantes, a compactação inicial e a final. A compactação inicial tem como objetivos:

- a) nivelar a superfície da camada de blocos de concreto;
- b) iniciar a compactação da camada de areia de assentamento;
- c) fazer com que a areia preencha parcialmente as juntas, de baixo para cima, dando-lhes um primeiro estágio de travamento”.

A compactação final é realizada após o lançamento do material de preenchimento das juntas (areia). A finalidade do preenchimento, bem como da compactação é garantir o bom funcionamento do pavimento, se as juntas ficarem mal seladas, os blocos ficarão soltos e o intertravamento não acontecerá (MANUAL DE PAVIMENTO INTERTRAVADO, 2010).

Outro aspecto importante a ser ressaltado na execução do pavimento intertravado é que obrigatoriamente deverá ter contenções que evitem o deslizamento dos blocos, seja pelo tráfego ou pelo processo de compactação durante a execução. O confinamento dos blocos de concreto é, portanto, elemento indispensável do pavimento intertravado (PAVIMENTOS INTERTRAVADOS CONFINAMENTOS, ABCP).

3. METODOLOGIA

No mês de abril do ano de 2014, a empresa localizada na cidade de Belo Horizonte, solicitou os serviços de fabricação de concreto à Empresa “X” a fim de recuperar o pavimento localizado no acesso entre a empresa e a rodovia de pavimento asfáltico. O serviço de aplicação do concreto foi terceirizado à Empresa “A”, uma conceituada empresa do ramo de pisos.

A entrada da empresa estava com o pavimento “deformado” conforme ilustrado pela Figura 1, pois, no local funcionava um centro de distribuição de cimento ensacado. Neste, o tráfego de caminhões era intenso em grande parte do dia. O pavimento intertravado existente, já completava mais de oito anos de idade.



Figura 3 – Pavimento com deformidades

3.1 DIAGNÓSTICO

A identificação e o mapeamento de toda a superfície danificada, bem como a preparação da superfície a ser concretada foram feitos pela Empresa “A”, responsável pelo estudo técnico e pela execução do pavimento.

3.1.1. Avaliação das características funcionais

Segundo o diagnóstico, o pavimento existente apresentava uma grande degradação, principalmente nas zonas de maior impacto que compreendem as áreas localizadas nas extremidades, ao centro e no encontro com o pavimento asfáltico da rodovia.

Em alguns pontos, por falta de manutenção, os blocos de concreto foram se soltando com o passar dos anos, o que acarretou na ausência dos mesmos ao longo do pavimento, conforme a Figura 2.



Figura 4 – Pavimento intertravado

O piso carecia de reparos, as pedras soltas indicavam que o tráfego intenso de caminhões pelo pavimento exigia um reparo diferente, superior, mas, ao mesmo tempo, a empresa não podia extrapolar nos custos nem fechar as portas para a realização dos reparos, pois, um dia sem distribuição representaria uma grande perda financeira.

A necessidade de ter um pavimento resistente e durável foi determinante para a escolha da pavimentação de concreto. Este tipo de pavimento apresenta baixos níveis de deformação, portanto não cria trilhas de roda, além de proporcionar boa reflexão gerando economia com iluminação artificial.

3.2. O TIPO DE PAVIMENTO

O pavimento proposto foi do tipo “simples com armadura distribuída descontínua sem função estrutural”, mas, sem juntas transversais e longitudinais

e não dotado de barras de transferência. Na Figura 3 está ilustrado a superfície já com a armadura.



Figura 5 – Superfície com armadura

3.3. O TRAÇO ESCOLHIDO

A determinação do traço a ser utilizado foi baseada em custos e prazos, visto que a empresa não poderia permanecer de portas fechadas nem viabilizar obras onerosas.

No dia dezoito de abril de dois mil e quatorze, sexta feira, seria o feriado nacional referente à “Paixão de Cristo”, na segunda feira da semana seguinte seria o feriado de “Tiradentes”. Pensando nestes dois feriados, a empresa decidiu que utilizaria um concreto cuja resistência requerida fosse atingida aos três dias de idade. Os prazos para execução estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Prazo previsto para execução do piso

PRAZOS	
18/abr	Preparação da superfície
19/abr	Aplicação do concreto / cura
20/abr	Domingo
21/abr	Feriado
22/abr	Pavimento liberado para tráfego

Sendo assim, a empresa solicitou um traço com as especificações listadas abaixo:

- a) $f_{c3}=30\text{MPa}$;
- b) fator $A/C \leq 0,5$;
- c) *Slump* $100\pm 20\text{mm}$;
- d) adição de 6% de sílica;
- e) brita 0 na proporção de 15%.

Com base nas especificações apresentadas foi calculado o traço, utilizando-se agregados com granulometria favorável. As densidades dos materiais utilizados no traço estão ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Densidades dos MCC utilizados

DENSIDADE DOS MATERIAIS UTILIZADOS (g/cm³)	
Cimento ARI	2,97
Areia média	2,42
Brita 0	2,65
Brita 1	2,65
Sílica	2,21

Em razão do termo de *Compliance* de Concorrência firmado entre os empregados e a empresa fornecedora do concreto, o traço utilizado não pôde ser divulgado.

3.4. TRAÇO EXPERIMENTAL

Para melhorar o desempenho do concreto, foi solicitado a adição de 6% de sílica ao traço. Com essa adição era esperado o aumento da resistência à compressão, da durabilidade e uma melhor coesão do concreto. Para simular a realidade, foram feitos dois ensaios em laboratório, para que o traço solicitado fosse comprovado. Em um dos ensaios, foi rodado um traço na proporção de 50 litros em uma mini betoneira. Neste, não foi adicionado a sílica. Um segundo traço foi rodado no mesmo dia, na mesma proporção (50 litros), adicionando-se a sílica, na proporção de 6% sobre o peso do cimento.

Após a mistura dos agregados e adições, foi feito o teste de *Slump* onde se conferiu o abatimento do concreto. Foi medido o abatimento de 130mm, o que é correto, pois em ensaios de laboratório é sempre considerado 10mm a mais que o *Slump* máximo, como uma forma de compensar as condições climáticas presente em campo. Essa compensação varia de empresa para empresa. Na Figura 4 está ilustrado o aparelho de *Slump Test* utilizado.



Figura 6 – Aparelho para *Slump Test*

Para amostragem do concreto ensaiado, fôrmas de aço são preenchidas com o concreto a fim de se comprovar a resistência. Esse concreto moldado dentro de fôrmas de aço é chamado de CP (corpo de prova).

Após a confirmação do abatimento, foram moldados corpos de prova para a confirmação da resistência do traço calculado. Para cada um dos traços rodados foram moldados três corpos de prova. Antes das moldagens, as fôrmas foram untadas com desmoldante, um líquido especial usado para facilitar a desforma.

3.5. A CURA DOS CORPOS DE PROVA

No dia seguinte à realização dos ensaios, os corpos de prova (CP's) foram desenformados. A cura dos corpos de prova foi realizada em tanque com água e cal. Os CP's estavam devidamente identificados, bem como o tanque de cura que possuía inscrições de datas em seu contorno.

No dia do rompimento os CP's foram retirados do tanque logo pela manhã para “escorrer” o excesso de água. No período da tarde foram realizados os rompimentos, pois, o horário teria que coincidir com a realização dos ensaios, a fim de garantir que o intervalo entre o ensaio e os rompimentos fosse igual a três dias, ou seja, setenta e duas horas. Na Figura 5, está a imagem do tanque de cura utilizado.



Figura 7 – Tanque de cura para os corpos de prova

3.6. ROMPIMENTOS

Para a realização dos rompimentos, os CPs são transportados em carrinho próprio da área de secagem que fica localizada próximo aos tanques de cura até a sala de rompimentos onde está alocada a prensa.

Com o intuito de garantir a qualidade dos rompimentos os discos de borracha utilizados para “prender” os CP’s na prensa, são trocados regularmente conforme norma vigente. Na Figura 6 está apresentado como os discos de borracha são colocados junto aos corpos de prova.

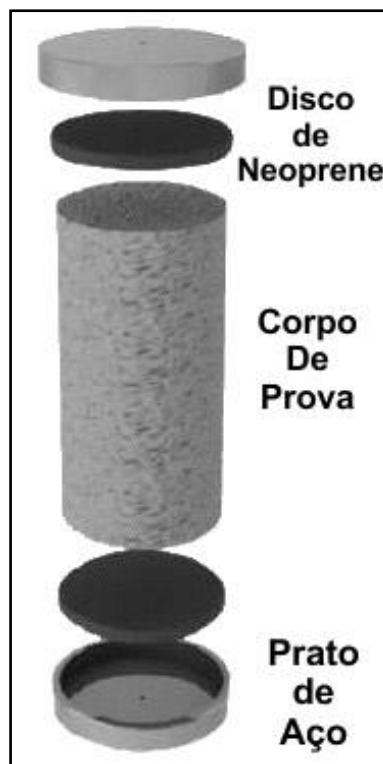


Figura 8 – Disposição do disco de borracha junto ao corpo de prova
(Fonte – Google Imagens)

3.6.1. A prensa

A prensa utilizada para os rompimentos foi uma prensa digital, da marca Controls, modelo C400/FR.. Esta prensa foi aferida recentemente e os resultados apresentados não necessitam de conversão, o que garante maior legitimidade e coerência dos resultados obtidos. A Figura 7 ilustra a prensa utilizada para os respectivos rompimentos. O laudo de aferição da prensa pode ser visualizado no Anexo 1.



Figura 9 – Prensa utilizada para os rompimentos

A Tabela 2 apresenta os resultados dos rompimentos referentes aos dois traços.

Tabela 2 – Resultados dos rompimentos na idade de três dias

IDADE - 3 DIAS		
CP's	Sem sílica	Com sílica
	MPa	MPa
CP1	32,1	44,3
CP2	33,7	45,7
CP3	35,9	45,9

Diante dos resultados obtidos, o traço experimental foi consolidado e confirmado junto ao cliente. Porém, foram feitas algumas ressalvas em razão do ambiente em que seria aplicado, pois, o ambiente do laboratório é “agradável ao concreto”, já o ambiente de campo, era passível de intempéries como altas ou baixas temperaturas, vento e até chuva. Outras adições como aditivos aceleradores de endurecimento, microfibras de polipropileno e fibras de aço foram sugeridas junto ao cliente, mas, por questão de custos, as mesmas foram dispensadas.

O cliente foi informado quanto aos benefícios proporcionados pela adição de sílica no concreto e por se tratar de um cimentício, a mesma carecia de cuidados, principalmente com a cura, pois, se não fossem tomados os devidos cuidados, os benefícios poderiam ser substituídos por patologias, como por exemplo, fissuras principalmente pelo alto consumo de cimento em razão da necessidade de alta resistência em pouca idade.

3.7. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A empresa responsável pela aplicação do concreto preparou a superfície da seguinte forma:

- a) retirou os blocos de concreto que se encontravam soltos;
- b) retirou o excesso de terra vermelha que estava entre os blocos fixas na superfície;
- c) distribuiu a tela de aço por toda superfície de modo que um volume maior foi concentrado onde o atrito dos caminhões era maior;
- d) de onde os blocos foram retirados, eram colocadas pedras de mão para erguer a tela de aço;
- e) ao final, toda a superfície foi regada com água.

3.7.1. Falhas na preparação da superfície

A superfície ficou muito desnivelada com a retirada dos blocos soltos, o que iria comprometer o volume de concreto estimado, bem como a espessura de concreto a ser lançado, pois, em algumas áreas, a profundidade chegava a trinta centímetros em relação aos demais pontos.

Não foi feito o adensamento nas partes onde havia presença de terra vermelha. Com isso, ao regar a superfície, houve formação de várias poças de lama, o que certamente iria comprometer a aderência do concreto na superfície. As áreas nessa situação deveriam ter sido “britadas” para garantir a boa aderência do concreto.

Como se pode observar na Figura 8, a tela de aço foi colocada de forma irregular, pois em quase todas as áreas ela estava em contato com o solo.



Figura 10 – Tela colocada irregularmente e a presença de “lama”

Além dos erros cometidos durante a preparação da superfície para a concretagem, o pavimento intertravado apresentava falhas na estrutura de fundação como: abatimentos, a falta da camada de base e revestimento, inexistência de drenagem, dentre outras. Como visto ao decorrer da revisão bibliográfica a estrutura de fundação executada corretamente do pavimento intertravado quando do pavimento rígido é essencial para garantir a qualidade e durabilidade dos mesmos.

A preparação da estrutura do pavimento rígido não se resume nos passos executados pela a empresa que realizou a concretagem, citadas no tópico (preparação da superfície). Uma das formas corretas de execução da fundação e revestimento dos pavimentos de concreto, com base nas normas do DNIT e da ABNT foi apresentada ao decorrer da revisão bibliográfica deste trabalho.

Enfim, não foram tomados os cuidados necessários em relação à forma correta de execução do pavimento rígido. O problema apenas foi mascarado de uma forma barata e imprudente, que pode ser confirmado pela

concretagem mal executada, pela falta de fundação e posteriormente com a necessidade de reforma em poucos meses após a concretagem.

3.8. APLICAÇÃO DO CONCRETO

Todo o lançamento do concreto foi feito através de bombeamento. O lançamento iniciou-se na parte inferior, que liga o acesso da empresa a rodovia. O lançamento começou às oito horas da manhã, nesse horário, a temperatura ambiente já chegava nos 30°C (trinta graus celcius). O cimento utilizado foi do tipo ARI, que libera maior calor de hidratação em relação aos demais cimentos.

O bombeamento foi interrompido algumas vezes em razão de soltura dos mangotes, mas, com o apoio dos aplicadores os mangotes eram rapidamente encaixados e a concretagem continuava.

O trabalho era intenso, o tempo e a temperatura ambiente eram os maiores inimigos naquele momento. Durante toda a concretagem foi utilizada uma regra vibratória e em seguida o piso foi sarrafeado – vide Figura 9. A concretagem foi encerrada às dezesseis horas. Foram utilizados 90 (noventa metros cúbicos de concreto) sem perdas.



Figura 11 – Uso da régua vibratória e sarrafeamento

Em razão da elevada espessura do concreto, a função da régua vibratória foi anulada, pois, ela só alcançava a superfície. Para uma melhor vibração do concreto e melhor acabamento, o ideal era a utilização de um vibrador, que é mais potente e alcançaria todas as dimensões do concreto. O sarrafeamento foi feito de maneira correta, porém, “pelo conjunto da obra”, a qualidade e estética do pavimento já estavam comprometidas.

3.8.1. Falhas na aplicação do concreto

Em determinado ponto da concretagem, logo no início, a espessura do concreto espalhado chegava a sessenta centímetros, a régua vibratória não mais estava cumprindo com sua finalidade, pois, para tal espessura, deveriam usar um vibrador, e mesmo assim, a qualidade do pavimento estaria comprometida em

função da “grossa” camada de concreto, totalmente desnecessária. Os aplicadores tiveram dificuldade em espalhar o concreto apenas com pás.

Nos pontos onde haviam se formado as “poças d’água”, nenhum cuidado foi tomado. O concreto foi lançado normalmente, vindo a ocasionar, num futuro próximo, o aparecimento de fissuras em razão da não aderência do concreto naquele ponto.

3.9. CURA DO CONCRETO

Assim que concluída a aplicação do concreto, foi feita a cura química, com utilização de um produto cujo nome não foi informado pela empresa responsável pela aplicação do concreto.

Não foram observadas fissuras por retração em razão de o processo de cura ter sido executado de forma correta.

No dia seguinte à aplicação do concreto, a imagem que se via era de um pavimento uniforme, sem irregularidades e sem a presença de fissuras conforme Figura 10.



Figura 12 – Pavimento com a cura química no dia seguinte à concretagem

3.10. CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS OCORRIDAS

Em alguns pontos onde a superfície apresentava alguns focos de “lama”, ocorreu o deslocamento do concreto, principalmente nas áreas de ligação com a rodovia. Na Figura 11 é apresentado a imagem de uma das áreas onde ocorreu o descolamento do concreto já no terceiro dia após a aplicação.



Figura 13 – Início do descolamento no terceiro dia após a concretagem

A não utilização de vibrador aliado à espessura exagerada de concreto resultou em grandes trincas no pavimento, principalmente nas áreas de maior impacto. O uso de telas de aço colocadas de forma irregular fez com que estas não cumprissem seu papel. Com isso, muitas trincas surgiram ao longo dos meses e houve quebra do concreto em vários pontos do pavimento, principalmente nas áreas centrais, onde a carga suportada é maior. O desgaste do pavimento ocorreu de forma acelerada em razão das inúmeras falhas ocorridas durante todo o processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração o conteúdo apresentado neste trabalho, é possível construir uma opinião positiva sobre o pavimento rígido. Foram levantadas as suas propriedades técnicas, tipos, método executivo, benefícios econômicos, segurança e possíveis patologias quando mal executado.

4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pavimento rígido demonstrou ser, ainda que pouco aplicado no Brasil, uma técnica de pavimentação eficiente e exequível. Assim como todo procedimento da construção civil, deve-se executar conforme o projeto e as normas vigentes. Para que seja possível desfrutar de todos os benefícios que este tipo de pavimento oferece é expressamente necessário o estudo e levantamento das condições de aplicação, o traço a ser utilizado, o processo de cura e o controle tecnológico.

No estudo de caso apresentado, por falta de prudência e até mesmo experiência, a aplicação não foi bem sucedida fazendo com que toda a viabilidade do projeto fosse perdida. A economia que se fez no material utilizado na preparação da superfície bem como na não contratação de um profissional para a supervisão quanto à execução do projeto foi totalmente em vão, pois, os custos de recuperação e reparo são altos.

Os trabalhos de recuperação de pavimentos de concreto deverão ser monitorados para avaliar sua eficiência, e aprimorados com as experiências de campo. É importante fazer um estudo do grau de severidade das patologias dos pavimentos de concreto, para avaliar a necessidade e a dimensão das intervenções de recuperação.

Para realizar um diagnóstico correto é preciso conhecer, além do histórico da obra, o comportamento estrutural de um pavimento de concreto e os mecanismos de transferência de cargas entre as placas. O desconhecimento dos princípios básicos de funcionamento dos pavimentos rígidos pode causar grandes equívocos nos trabalhos de recuperação, levando as intervenções ao fracasso, com desperdício de tempo e dinheiro.

Enfim, cabe ressaltar que a superfície para aplicação do pavimento rígido deve estar conforme o dimensionamento do material a ser aplicado para um resultado satisfatório.

4.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A abertura cada vez maior da mentalidade das pessoas quanto à sustentabilidade, nos traz a necessidade de reaproveitar os resíduos gerados pela indústria da construção civil. Por isso, se faz necessário estudar cada vez mais as maneiras de aplicá-los, visando a diminuição da destinação incorreta e a redução de custos decorrentes da reutilização desses resíduos em novos materiais e técnicas construtivas.

São necessárias pesquisas voltadas para reutilização dos resíduos nos traços de concreto bem como a forma correta de aplicação, visto as consequências onerosas decorrentes da utilização incorreta ou da reação causada pela interação destes resíduos com os demais materiais constituintes do traço.

É fundamental um estudo das características físico-químicas e das propriedades dos resíduos, por meio de ensaios e métodos apropriados. Tais informações darão subsídio para a seleção das possíveis aplicações desses resíduos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em: << <http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>>>. Acesso em: 08/12/2014 às 22:00 horas.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS ASTM C309 – 11. **Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete**. Book of Standards, 2011.

ASSIS, R. L. **Traços de argamassa e de concreto**. Instituto Federal Goiano, 2012. Disponível em: << http://www.ifgoiano.edu.br/ipora/images/stories/coordenacao/Renato/3a_aula._tracos.pdf>>. Acesso em: 17/10/2014 às 14:50.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212:1984 - Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207 – Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7583 – Execução de pavimento de concreto simples por meio mecânico**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953 - Intertravado com peças de concreto**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação - especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9780 - Peças de Concreto para pavimentação – determinação da resistência à compressão (método de ensaio)**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação – especificação**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimentos intertravados: pratica recomendada – confinamentos**. Disponível em:

<<<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php>>>. Acesso em: 26/01/2015 às 22:00 horas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimentos intertravados: pratica recomendada – preparo da fundação.** Disponível em: << <http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php>>>. Acesso em: 26/01/2015 às 21:10 horas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de pavimento intertravado: passeio público.** São Paulo, 2010. Disponível em: <<<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php>>>. Acesso em: 22/01/2015 às 20:00 horas.

BARDELLA, P. S.; BARBOSA, D. C.; CAMARINI, G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa.** São Carlos, 2005. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/115.pdf>> Acesso em: 08/12/2014 às 22:00 horas.

CARVALHO, D. M. **Pavimento de concreto: reduzindo o custo social.** São Paulo, 2007. Disponível em: << http://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/2007_Artigo_Pavimento-de-concreto_Reduzindo-o-custo-social.pdf >>. Acesso em: 05/12/2014 às 15:50 horas.

CAMPITELI, V. C. **Concreto de cimento portland: um método de dosagem.** Paraná, 2004. Disponível em: <<<http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num20/Pag%205-16.pdf> >>. Acesso em: 20/10/2014 às 15:00 horas.

CURTI, R. **Estradas de concreto: uma escolha inteligente e sustentável.** São Paulo: ABCP/Concreteshow, 2012. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo.portal/download.php?selected=Pavimento%20de%20Concreto#selAnch>>>. Acesso: 15/10/2014 às 18:00.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf >>. Acesso em 17/10/2014 às 22:00 horas.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 047/2004- ES - **Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte.** Especificação de Serviço. 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 048/2004- ES - **Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho.** Especificação de Serviço. 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 049/2009- ES - **Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante.** Especificação de Serviço. 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 054/2004 PRO – **Pavimento Rígido – Estudo de traço de concreto e ensaios de caracterização de materiais – Procedimento.** 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 055/2004-ME – **Pavimento Rígido - Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos.** Método de Ensaio. 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 056/2013-ES - **Pavimento Rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço.** 2013. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 057/2004-ES - **Pavimento Rígido – Execução de sub-base melhorada com cimento – Especificação de serviço.** 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 058/2004-ES - **Pavimento Rígido – Execução de sub-base de solo-cimento – Especificação de serviço.** 2004. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 065/2004-ES - **Pavimento Rígido –Sub-base de concreto de cimento Portland adensado por vibração– Especificação de serviço.** 2004. Rio de Janeiro.

FRANCELINO, M. J. M. **Pavimento de concreto sobre solos moles: estudo de caso na rodovia br-101 nordeste (lotes 1, 5 e 6).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Orientadores: Ivaldo Dário da Silva Pontes Filho e Laura Maria Goretti da Motta. Recife, 2009.

GIUBLIN, C. R. **Diretrizes para o planejamento de canteiros de obra de pavimentação de concreto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia no Curso de Pós-Graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná). Curitiba, 2002.

HOFFMANN, A. T. **Influência da adição de sílica ativa, relação água/aglomerante, temperatura e tempo de cura no coeficiente de difusão de cloreto em concretos.** Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2117/000314550.pdf?sequence=1>>>. Acesso em: 08/12/2014 às 23:00 horas.

MACIEL, A. B. **Dossiê técnico - pavimentos Intertravados.** SENAI-RS. Escola de Educação Profissional SENAI Vergílio Lunardi, 2007. Disponível em: <<<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjcz>>>. Acesso em: 02/01/2015 as 20:00 horas.

MOSCATELLI, I. **Fibras de aço em concreto de cimento portland aplicados a pavimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Orientadora: Dra Rita Moura Fortes. Campinas, São Paulo, 2011.

MOSCHETTI, Ricardo. **Pavimento de concreto é mais durável e oferece maior segurança aos usuários nas estradas.** São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.difundir.com.br/site/c_mostra_release.php?emp=1334&num_releas e=23815>>. Acesso em 03/12/2014 às 21:00 horas.

MORAES, C. R. B; SILVA, E. **Estudo da arte do pavimento rígido – durabilidade, economia e segurança.** Disponível em: <<<http://www.unifeb.edu.br/index.php/tcc-2009>>>. Acesso em: 21/10/2014 às 21:20.

MULLER, R. M. **Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto. Tese de Doutorado.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/.../MULLER_RM_05_t_M_geo.pdf>>. Acesso em: 26/01/2015 as 23:30 horas.

OLIVEIRA, P. E. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estrutura). Prof. Orientador Libânio Miranda Pinheiro. São Carlos, 2000.

PITTA, M. R. **Construção de pavimentos de concreto simples.** 3.ed. São Paulo: ABCP, 1998.

PORTAL DO CONCRETO. Disponível em: << <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/custo.html> >>. Acesso em 17/10/2014 às 22:30 horas.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. v. 1. São Paulo, 1997.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. São Paulo: PINI, 2008. 2.ed. 128 p. ISBN 978.85.7266.203.1

SILVA, C. O. **ABCP - Execução e manutenção de pavimento intertravado**. Disponível em: << <http://www.rpu.org.br/Pavimento%20intertravado%20-%20execu%C3%A7%C3%A3o%20e%20manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf> >>. Acesso em: 26/01/2015 as 23:40 horas.

SOUZA, A. M. L. **Pavimentação com blocos intertravados de concreto: análise crítica da técnica de execução**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: << <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78204/000896536.pdf?sequence=1> >>. Acesso em: 17/01/2015 as 19:00 horas.

VIZZONI, R. **Pavimento de concreto solução sustentável: histórico do pavimento de concreto**. Concrete Show, 2014. Disponível em: << <http://www.abcp.org.br/colaborativozportal/download.php?selected=Pavimento%20de%20Concreto#selAnch> >> Acesso em: 27/11/2014 às 16:00 horas.

BARDELLA, P. S.; BARBOSA, D. C.; CAMARINI, G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa**. São Carlos, 2005. Disponível em: << http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/115.pdf >> Acesso em: 08/12/2014 às 22:00 horas.

