

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Lucas Mantovani

**PISOS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS
EXECUTIVOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE E REGIÃO
METROPOLITANA**

Porto Alegre
julho 2012

LUCAS MANTOVANI

**PISOS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS
EXECUTIVOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE E REGIÃO
METROPOLITANA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ana Paula Kirchheim
Coorientadora: Juliana Alves de Lima Senisse

Porto Alegre
julho 2012

LUCAS MANTOVANI

**PISOS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS
EXECUTIVOS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE E REGIÃO
METROPOLITANA**

Porto Alegre, 3 de julho 2012

Ana Paula Kirchheim
Universidade de Passo Fundo
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Ana Paula Kirchheim (UFRGS)
Dra. Pela UFRGS

Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. Pela EPUSP

Mauro Fernando Dreher (PISOGROUND)
Eng. Civil pela UFSM

Dedico este trabalho a meus pais, Jair Selio Mantovani e Sères Salete Conzatti Mantovani, e minha irmã, Franciéli Mantovani, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Professora Ana Paula Kircheim, orientadora deste trabalho, e a Juliana Senisse, coorientadora, pela dedicação e apoio na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a Professora Carin Maria Schmitt, coordenadora da disciplina, pelo conhecimento e auxílio durante o planejamento e execução da pesquisa.

“Nunca deixe que alguém te diga que não pode fazer algo.
Se você tem um sonho, tem que protegê-lo. As pessoas
que não podem fazer por si mesmas, dirão que você não
consegue. Se quer alguma coisa, vá e lute por ela. Ponto
final.”

À Procura da Felicidade

RESUMO

Os pavimentos de concreto vêm ocupando grande mercado dentro da construção civil devido ao crescimento da indústria brasileira, por isso, cada vez mais, pisos de qualidade são exigidos e projetos específicos são requisitados. Neste cenário, a execução destes pavimentos deve ser precedida e acompanhada de cuidados de planejamento e controle, para um melhor desempenho da estrutura. A qualidade de um piso de concreto é dependente da obtenção de uma superfície com elevada durabilidade, plana e um mínimo de fissuras. A superfície ainda deve garantir a facilidade de limpeza, o escoamento de líquidos, a movimentação de cargas e o deslocamento de equipamentos. Grande parte das manifestações patológicas encontradas em pisos está relacionada à escolha inadequada do tipo de concreto empregado e à sua execução. Frequentemente, as especificações de projeto não estão de acordo com as futuras exigências as quais a estrutura será submetida, em alguns casos, temos a falta de informações do usuário ou o dimensionamento por um engenheiro não especializado. O trabalho apresenta uma análise do sistema construtivo de pavimentação em concreto, abordando as etapas de execução de fôrmas, posicionamento de armaduras, concretagem e execução de juntas, sendo que a pesquisa consiste na obtenção de informações que possibilitem um embasamento técnico para verificação dos métodos construtivos utilizados pelas empresas especializadas na execução de pavimentos de concreto. Por fim, foi realizada uma análise das obras estudadas, gerando assim, um relatório na qual são apontados erros e acertos. Verificou-se neste trabalho que grande parte das empresas estudadas não executa suas obras de acordo com a literatura e, em alguns casos, sem a elaboração de projetos específicos para cada piso executado.

Palavras-chave: Pavimentos de Concreto. Qualidade do Piso de Concreto. Análise do Sistema Construtivo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa	18
Figura 2 – Perfil típico de piso de concreto reforçado com fibras	25
Figura 3 – Gráfico $f_c \times a/c$	26
Figura 4 – Perfil típico de um piso de concreto armado	30
Figura 5 – Espaçador do tipo caranguejo e treliça soldada	33
Figura 6 – Posicionamento das barras de transferência	34
Figura 7 – Fases executivas do piso de concreto	36
Figura 8 – Sequência de concretagem	36
Figura 9 – Espalhamento e adensamento do concreto com régua vibratória	40
Figura 10 – Desempeno e acabamento mecânico com acabadoras duplas.....	40
Figura 11 – Caracterização do índice de nivelamento	40
Figura 12 – Caracterização do índice de planicidade	41
Figura 13 – Junta de construção	42
Figura 14 – Junta serrada	42
Figura 15 – Junta de encontro	43
Figura 16 – Fissura gerada pela utilização de uma junta do tipo T	44
Figura 17 – Fissura gerada pelo posicionamento inadequado da junta serrada na interseção com a junta de encontro em curva	44
Figura 18 – Obra e tipo de pavimento	48
Figura 19 – Deficiência na colocação da lona plástica	49
Figura 20 – Utilização da tela nas áreas de acesso	50
Figura 21 – Utilização do nível a laser para nivelamento das fôrmas	51
Figura 22 – Realização do <i>Slump Test</i>	55
Figura 23 – Slump Test sendo realizado na obra D	55
Figura 24 – Lançamento do concreto na obra A	55
Figura 25 – Concreto da obra D em estado endurecido	56
Figura 26 – Utilização do rodo de corte e das acabadoras duplas na obra A	57
Figura 27 – Acabamento prematuro na obra C	58
Figura 28 – Acabamento insuficiente na obra B	58
Figura 29 – Estrutura do piso estaqueado da obra D	59
Figura 30 – Ausência das barras de transferência nas juntas de encontro da obra E	59
Figura 31 – Utilização de material isolante nas juntas de encontro	61
Figura 32 – Utilização de borracha como material isolante nas juntas de encontro	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Obra e tipo de pavimento empregado	48
Quadro 2 – Traço do concreto	52
Quadro 3 – Resistência à compressão e à tração	52
Quadro 4 – Diâmetro máximo do agregado graúdo	53
Quadro 5 – Consumo de cimento	53
Quadro 6 – Aditivos utilizados, teor de aditivos e <i>slump</i> do concreto	54
Quadro 7 – Equipamentos utilizados	57
Quadro 8 – Utilização das barras de transferência nas juntas de construção e serradas ..	60
Quadro 9 – Resumo do <i>check list</i> aplicado	62

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Consumo de cimento	21
Tabela 2 – Granulometria das areias empregada em pisos	22
Tabela 3 – Limites granulométricos das britas 0, 1 e 2 empregada em pisos	23
Tabela 4 – Resistência mínima à compressão	27
Tabela 5 – Potencial de retração do concreto	29
Tabela 6 – Distância máxima entre os espaçadores	33
Tabela 7 – Diâmetro das barras de transferência	35

LISTA DE SÍMBOLOS

f_{ck} – Resistência do concreto (MPa)

a/c – Relação água cimento

k_1 e k_2 – Constantes empíricas

F_f – Índice de planicidade (mm)

F_1 – Índice de nivelamento (mm)

MPa – Mega Pascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	16
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	16
2.2.1 Objetivo Principal	16
2.2.2 Objetivo Secundário	16
2.3 PREMISSE	16
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 PISOS DE CONCRETO	19
3.1 TIPOS DE PISO DE CONCRETO	19
3.1.1 Piso de Concreto Simples	19
3.1.2 Piso de Concreto Armado	20
3.1.3 Piso de Concreto Reforçado com Fibras	20
3.1.4 Piso de Concreto Protendido	20
3.2 MATERIAIS CONSTITUINTES	20
3.2.1 Cimento Portland	21
3.2.2 Agregados Miúdos	21
3.2.3 Agregados Graúdos	22
3.2.4 Aditivos	23
3.2.5 Fibras	24
3.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO	26
3.3.1 Resistência Mecânica	26
3.3.2 Resistência ao Desgaste	27
3.3.3 Exsudação	28
3.3.4 Retração do Concreto	28
4 PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS	30
4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA CONCRETAGEM	31
4.2 BARREIRA DE VAPOR	31
4.3 FÔRMAS	31
4.4 POSICIONAMENTO DA ARMADURA	32
4.4.1 Distanciadores	32

4.4.1.1 Armadura superior	32
4.4.1.2 Armadura inferior	33
4.4.1.3 Armadura inferior e superior	33
4.5.2 Tela Soldada	34
4.6.3 Barra de Transferência	34
4.5 CONCRETAGEM	35
4.5.1 Produção e Transporte	36
4.5.2 Lançamento	37
4.5.3 Adensamento	38
4.6 ACABAMENTO SUPERFICIAL	39
4.7 JUNTAS	41
4.7.1 Tipos de Juntas	41
4.7.1.1 Junta de construção	41
4.7.1.2 Junta serrada	42
4.7.1.3 Junta de encontro	42
4.7.2 Controle de Juntas	43
5 LEVANTAMENTO DE CAMPO: OBSERVAÇÕES E RESULTADOS	45
5.1 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA	45
5.2 ELABORAÇÃO DO <i>CHECK LIST</i>	45
5.3 APLICAÇÃO DO <i>CHECK LIST</i>	46
5.3.1 Empresa A	46
5.3.2 Empresa B	46
5.3.3 Empresa C	47
5.3.3 Empresa D	47
5.3.3 Empresa E	47
5.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	47
5.4.1 Dados Preliminares da Obra	48
5.4.2 Condições Ambientais	49
5.4.3 Barreira de Vapor	49
5.4.4 Posicionamento das Armaduras	49
5.4.5 Fôrmas	51
5.4.6 Especificações do Concreto	51
5.4.7 Lançamento do Concreto	54
5.4.8 Acabamento Superficial	56
5.4.9 Análise das Juntas	59

5.5 RESUMO DOS RESULTADOS	62
6 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A	67
APÊNDICE B	71

1 INTRODUÇÃO

Concreto é basicamente a mistura de cimento, água, agregado e areia, além de outros materiais eventuais, como aditivos e adições. O cimento ao ser hidratado pela água forma uma pasta resistente e aderente. Esta pasta, quando adicionados os agregados, forma o concreto, um material de elevada resistência comumente usado, combinado ou não com armaduras de aço, em estruturas de concreto armado, pisos de indústrias, estacionamentos e estradas.

A execução dos pisos de concreto deve ser precedida e acompanhada de cuidados no planejamento. Este tipo de estrutura merece uma atenção especial no seu projeto e na sua execução por estar sujeito a trânsito intenso de veículos e pedestres e a ataques de agentes agressivos, sendo assim necessário um trabalho de qualidade em todas as etapas, como por exemplo, dosagem do concreto, aplicação, cura, juntas.

As manifestações patológicas em pisos de concreto são causadas por falhas de projeto e principalmente por falhas nos processos executivos, o que gera muitos custos extras de manutenção. Cita-se como exemplos de manifestações patológicas frequentes em pavimentos de concreto o empenamento, a delaminação, o desgaste superficial e, principalmente, a fissuração.

Em virtude disto, muitas patologias se manifestam e poderiam ser evitadas se houvesse um planejamento adequado e uma execução correta. Todavia, sabe-se que as recomendações teóricas nem sempre são seguidas rigorosamente em um canteiro de obras. Por isso, esta pesquisa consiste em fazer uma análise detalhada da teoria que envolve a execução de pisos de concreto, elaborando assim um *check list* e verificando em obras da cidade de Porto Alegre e Região Metropolitana o que realmente está sendo executado. Por fim, será feita uma apresentação dos dados coletados e uma análise crítica dos procedimentos adotados pelas construtoras.

Nos capítulos que seguem no trabalho, diversos itens serão abordados dentro do contexto de execução de piso de concreto. No segundo capítulo deste trabalho será apresentado o método de pesquisa, com todo o delineamento e objetivos do trabalho.

No terceiro e quarto capítulos, são apresentadas informações sobre pisos de concreto, que foram buscadas na literatura e em normas técnicas, embasamento técnico para elaboração do projeto de pesquisa. No que diz respeito ao capítulo terceiro são apresentados a definição de piso de concreto, tipos de pavimento existentes, materiais constituintes na composição do concreto e suas propriedades. Já no que tange ao capítulo quarto, são expostos os métodos construtivos utilizados para execução de um pavimento de concreto.

Por fim, no capítulo quinto será apresentado o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo a parte prática do trabalho. São detalhados neste capítulo a definição da amostra, a elaboração e aplicação do *check list* e apresentação dos resultados obtidos.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para o presente trabalho foram definidas as seguintes diretrizes que determinaram o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: tendo como referência normas e trabalhos técnicos para descrever o procedimento de execução de pisos de concreto, que análise pode-se fazer sobre os métodos adotados pelas construtoras?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundário e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a realização de uma análise comparativa entre a teoria e a prática do processo de execução de pisos de concreto na cidade de Porto Alegre e Região Metropolitana.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é a elaboração de um *check list*, com base nas normas brasileiras e trabalhos técnicos, para verificação da prática adotada nos canteiros de obra.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que, para se assegurar o bom desempenho de pisos de concreto, é necessário seguir as normas e trabalhos técnicos, referentes a projeto e execução deste tipo de pavimento.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à cidade de Porto Alegre e Região Metropolitana, em empresas especializadas na execução de pisos de concreto.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) o trabalho ficará restrito ao acompanhamento e análise das etapas de posicionamento das armaduras, concretagem, acabamentos superficiais e execução de juntas;
- b) o número de obras avaliadas será limitado, mas considerado suficiente para elaboração deste trabalho de diplomação.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir:

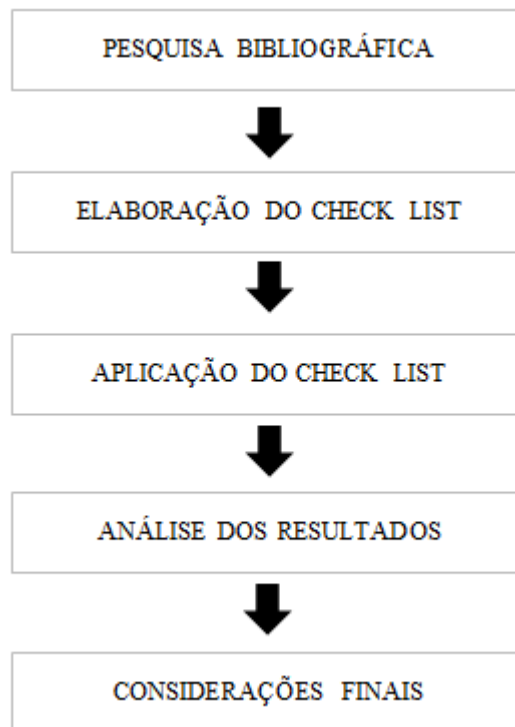
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração de *check list*;
- c) verificação em obra;
- d) análise de resultados;
- e) observações e considerações finais.

A pesquisa foi realizada segundo a sequência de etapas apresentadas na figura 1, sendo que estas serão descritas nos parágrafos seguintes.

Primeiramente, foi realizada a pesquisa bibliográfica, que teve como objetivo buscar nas normas técnicas e na bibliografia técnica os métodos que devem ser utilizados para execução de piso de concreto. Além disso, sua realização foi mantida ao longo de todo o trabalho, com a finalidade de fornecer subsídios para todas as etapas.

Na fase seguinte, iniciou-se a elaboração do *check list*. Nesta etapa, seguindo os preceitos teóricos verificados, foi desenvolvido um *check list* com os procedimentos de execução de pisos de concreto. Este *check list* está apresentado como uma lista de verificação, na qual busca avaliar a sequência das atividades executivas realizadas em obra.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A etapa seguinte teve como objetivo a aplicação em obra do *check list* elaborado anteriormente. Com a obtenção da ocorrência dos itens deste *check list*, pode ser verificado se as empresas especializadas na execução de pisos de concreto estão cumprindo as normas técnicas e se os limites destas normas estão sendo respeitados.

Com isto, foi possível fazer uma análise dos resultados obtidos, buscando avaliar os métodos construtivos utilizados pelas construtoras, e, por fim, serão apresentadas as observações e considerações finais.

3 PISOS DE CONCRETO

De acordo com Sá et al. (2009, p. 2):

Pisos industriais são definidos como sendo elementos que estão continuamente apoiados e que são dimensionados para suportar cargas diferenciais quanto à intensidade e forma de atuação. Para atender as variadas situações de carregamentos a que são impostos podem ser executados sobre diferentes aspectos estruturais e funcionais.

A qualidade de um piso industrial de concreto consiste na obtenção de uma superfície plana, livre de fissuras e com grande durabilidade. Desta forma, segundo Sá et al. (2009), busca-se um pavimento com as melhores propriedades e desempenho possíveis, sendo que a escolha do concreto é fundamental para obtenção destes parâmetros. Por isso, é necessário analisar as propriedades do concreto tanto no estado fresco como no estado endurecido, além disso, características como o consumo de cimento, teor de argamassa, dosagem de aditivos, tipos de agregado, abatimento do concreto, segregação, retração, exsudação e resistência devem ser estudadas detalhadamente para que não ocorram problemas futuros no piso. Sendo assim, os tipos de piso de concreto, materiais constituintes do concreto e suas propriedades irão ser descritos nos itens a seguir.

3.1 TIPOS DE PISO DE CONCRETO

Os pavimentos de concreto podem ser classificados de acordo com a presença ou não de armadura na placa de concreto. Podem-se classificar os pisos de concreto em de concreto simples, armado, reforçado com fibras ou protendido e estes são descritos nos itens a seguir.

3.1.1 Piso de concreto simples

De acordo com Chodounsky e Viecili (2007), os pisos de concreto simples são caracterizados por não haver presença de armadura estrutural, porém dispositivos de transferência de carga tais como, barras de transferência ou de ligação podem ser empregadas, ficando assim, a critério do projetista. Neste tipo de pavimento todos os esforços de tração são resistidos pelo

concreto, apesar de ser amplamente empregado em pavimentos rodoviários, sua utilização em pisos industriais tem sido pequena.

3.1.2 Piso de concreto armado

Segundo Cristelli (2010), os pisos estruturalmente armados são caracterizados por possuir armadura positiva, na parte inferior, e negativa, na parte superior. Este tipo de pavimento possui uma elevada resistência à compressão do concreto associada à elevada resistência à tração do aço. Além disso, exige a presença de juntas com a utilização de barras de transferência para garantir um comportamento estrutural mais uniforme.

3.1.3 Piso de concreto reforçado com fibras

De acordo com Chodounsky e Viecili (2007, p. 144), “O concreto reforçado com fibras nada mais é que um compósito, constituído de duas fases – a matriz e as fibras. As propriedades destes compósitos são determinadas pela interação entre as propriedades da matriz e das próprias fibras.”. As fibras podem ser de dois tipos, sintéticas ou metálicas.

3.1.4 Piso de concreto protendido

De acordo com Rodrigues (2006b), no concreto protendido, cabos de protensão são instalados na placa formando uma malha que tem como função básica suportar esforços de tração que são muito pequenas no concreto convencional. A vantagem do sistema é a considerável diminuição na quantidade de juntas.

3.2 MATERIAIS CONSTITUINTES

O concreto para pisos é obtido pela dosagem adequada dos materiais disponíveis, sendo assim produzido um composto que pode ser adequadamente lançado, adensado e acabado. Além disso, de acordo com Senisse (2010, p. 23), “[...] a interação inadequada entre estes parâmetros pode gerar diversos tipos de manifestações patológicas, as quais prejudicam severamente a durabilidade das estruturas.”.

Cada material utilizado na dosagem deve ser analisado em laboratório, buscando verificar sua qualidade e para obter dados consistentes para a elaboração do proporcionamento do concreto. Os materiais utilizados na produção do concreto para pisos são: cimento Portland, agregados graúdos e miúdos, aditivos e fibras, os quais serão descritos a seguir.

3.2.1 Cimento Portland

Mehta e Monteiro (2008, p. 207) definem cimento Portland como:

Cimento hidráulico produzido pela moagem de clínqueres constituídos essencialmente por silicatos de cálcio hidráulicos e uma pequena quantidade de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Clínqueres são nódulos de 5 a 25 mm de diâmetro de material sintetizado que é produzido quando uma mistura de matérias-primas de composição pré-determinada é aquecida em altas temperaturas.

Para a aprovação de um traço de concreto para pisos, é necessária a utilização do concreto com consumo mínimo de cimento, estes valores variam de acordo com o tipo de cimento empregado, de acordo com Chodounsky e Viecili (2007), tais consumos variam entre 330 e 360 kg/m³, como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de cimento

Tipo de cimento	Consumo mínimo de cimento (kg/m ³)
CP II ou CP V	330
CP III ou CP IV	360

(fonte: CHODOUNSKY; VIECILI, 2007, p. 172)

3.2.2 Agregados miúdos

Segundo Rodrigues et al. (2006), o agregado miúdo pode ter forte influência sobre a trabalhabilidade do concreto. Trabalhar com material muito fino facilita as operações de acabamento, porém isso trará um aumento na demanda de água. A adoção de areias grossas dificultará o acabamento, tornando a mistura áspera, de baixa trabalhabilidade e favorecerá a exsudação do concreto.

A NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) fixa como características exigíveis na recepção e produção de agregado miúdo grãos que passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira 0,075 mm. A tabela 2 apresenta a granulometria para agregado miúdo empregado em pisos de concreto.

Tabela 2 – Granulometria das areias empregada em pisos

Peneira (mm)	% retida acumulada			
	Fina	Media Fina	Media Grossa	Grossa
6,3	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	0 - 5	0 - 15	0 - 25	5 - 40
1,2	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	50 - 85	60 - 88	70 - 92	80 - 95
0,15	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100

(fonte: RODRIGUES et al., 2006, p. 33)

3.2.3 Agregados graúdos

Segundo Pitta et al.¹ (1981 apud RODRIGUES et al., 2006, p. 34), geralmente são empregadas a brita 2, com misturas entre 0 e 1, em função da dimensão da espessura da placa. As principais recomendações para agregados graúdos para pisos de concreto são:

- (a) dimensão máxima característica entre 1/4 e 1/5 da espessura do pavimento;
- (b) fator de forma inferior a 3, preferencialmente o mais próximo à forma cúbica;
- (c) agregado lavado, sem a presença de materiais pulverulentos;
- (d) o agregado deve ser preferencialmente britado.

A NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) fixa como características exigíveis na recepção e produção de agregado graúdo grãos que passam pela

¹ PITTA, M. R.; CARVALHO, M. D.; RODRIGUES, P. F. Materiais para pavimento de concreto simples. *Revista da Associação Brasileira de Cimento Portland*, São Paulo, n. 47, 1981.

peneira de malha quadrada com cobertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm. Além disso, o índice de forma dos grãos do agregado não deve ser superior a 3.

De acordo com Rodrigues et al. (2006, p. 42), “O agregado deve ser preferencialmente composto por duas faixas granulométricas comerciais, como 50 % de brita 1 e 50 % de brita 2, ou 70 % de brita 0 e 30 % de brita 1, de modo a reduzir volume de vazios do agregado composto, permitindo a diminuição do teor de argamassa.”. A tabela 3 apresenta os limites granulométricos das britas comercialmente designadas como 0, 1 e 2 para pisos de concreto.

Tabela 3 – Limites granulométricos das britas 0, 1 e 2 empregada em pisos

Peneira (mm)	% retida acumulada		
	Brita 0	Brita 1	Brita 2
32	-	-	0
25	-	0	0 -25
19	-	0 - 10	75-100
12,5	0	-	90 - 100
9,5	0 - 10	80 - 100	95 - 100
6,3	-	92 - 100	-
4,8	80 - 100	95 - 100	-
2,4	95 -100	-	-

(fonte: RODRIGUES et al., 2006, p. 47)

3.2.4 Aditivos

Segundo o Portal do Concreto (2011), os aditivos são figuras de fundamental importância para a composição do concreto. Eles são utilizados na sua produção com o intuito de modificar as propriedades do concreto em estado fresco ou endurecido, de ampliar as qualidades, ou de minimizar seus pontos fracos. Como exemplo, pode-se dizer que sua aplicação pode melhorar a qualidade do material nos seguintes aspectos:

- a) trabalhabilidade;

- b) resistência;
- c) compacidade;
- d) durabilidade;
- e) bombeamento.

E pode diminuir sua:

- a) permeabilidade;
- b) retração;
- c) calor de hidratação;
- d) tempo de pega (retardar ou acelerar);
- e) absorção de água.

De acordo com o Portal do Concreto (2011) sua utilização requer certos cuidados, pois “[...] além do prazo de validade e demais precauções que se devem ter com a conservação dos aditivos é importante estar devidamente informado sobre o momento certo da aplicação, a forma de se colocar o produto e a dose exata.”. De acordo com a NBR 11768 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), aditivos são produtos que adicionados em pequena quantidade ao concreto modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições, são eles:

- a) plastificante;
- b) retardador;
- c) acelerador;
- d) plastificante retardador;
- e) plastificante acelerador;
- f) incorporador de ar;
- g) superplastificantes;
- h) superplastificante retardador;
- i) superplastificante acelerador.

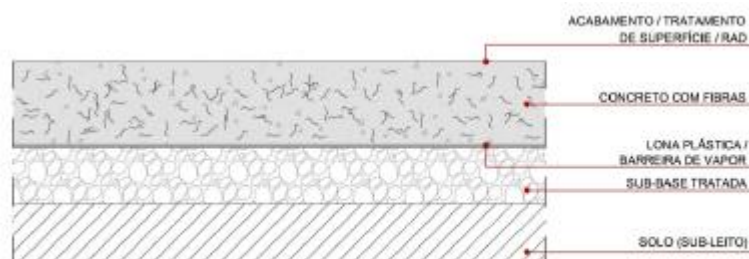
3.2.5 Fibras

Segundo Figueiredo (2000), quando adicionadas ao concreto, dificultam a propagação das fissuras devido ao seu elevado módulo de elasticidade. Além disso, as fibras permitem uma redistribuição de esforços no material mesmo quando utilizada em baixos teores,

minimizando assim o aparecimento de fissuras no concreto. De acordo com Chodounsky (2007), quanto maior for a quantidade de fibras no concreto maior a possibilidade de a fibra interceptar uma fissura, sendo que é recomendado uma concentração de 0,25 % do volume de concreto.

De acordo com Senisse (2010, p. 140), “[...] a quantidade de microfibras incorporada à mistura não pode ser considerada como um valor fixo, predeterminado, como usualmente é realizado.”. Sendo assim, um estudo detalhado do tipo de concreto, tipo de fibra e a finalidade do pavimento deve ser realizado para um melhor desempenho do compósito. A figura 2 mostra um perfil típico de piso de concreto reforçado com fibras.

Figura 2 – Perfil típico de piso de concreto reforçado com fibras



(fonte: CRISTELLI, 2010, p. 40)

As principais vantagens da utilização de um concreto reforçado com fibras são destacadas segundo Cristelli (2010, p. 42):

- (a) eliminação da etapa de colocação das armaduras: Redução da mão de obra, tempo de montagem das armaduras e insumos (ferragens, tela soldadas, espaçadores, barras de transferência, caranguejos, etc.);
- (b) espaço no canteiro de obras e otimização dos espaços de estocagem dos materiais: redução do número de ferramentas e matéria-prima relativas à montagem das armaduras;
- (c) simplificação do processo da concretagem: acesso facilitado para equipamentos de lançamento nos locais a serem concretados e facilidade de vibração devido à ausência de armaduras;
- (d) quando utilizadas fibras de alto módulo (excluem-se as de aço) ocorre diminuição do risco de patologias causadas por corrosão;

3.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO

A obtenção de um pavimento livre de fissuras, empenamentos e demais patologias depende de aspectos relacionados à tecnologia do concreto. Sendo assim, as propriedades de resistência mecânica, exsudação e retração do concreto serão descritos nos itens a seguir.

3.3.1 Resistência mecânica

A resistência à compressão do concreto segue a Lei de Abrams, na qual a resistência à compressão é inversamente proporcional à relação água/cimento e pode ser descrita pela fórmula 1 e representada na figura 3:

$$f_c = K_1 / (K_2^{a/c}) \quad (\text{fórmula 1})$$

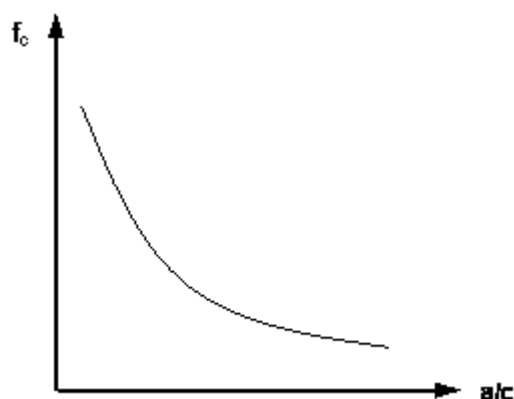
Onde:

f_c : resistência à compressão do concreto;

a/c : relação água cimento;

k_1 e k_2 : constantes empíricas.

Figura 3 – Gráfico f_c x a/c



(fonte: DAFICO, 2011)

Segundo Sá et al. (2009, p. 4):

Apesar de não ser o único parâmetro de medida para se avaliar o desempenho do piso de concreto, a resistência à compressão é usualmente a propriedade mais empregada. A partir da resistência do concreto, determina-se a espessura e a qualidade superficial do piso, além de influenciar também a retração hidráulica, o empenamento e a deformação na placa. Com isso, a placa de concreto deve resistir adequadamente à abrasão, aos esforços de aceleração e frenagem, além da tração

ocasionada pela flexão. Normalmente costuma-se especificar para concretos de pisos industriais um f_{ck} de 30 MPa.

A NBR 15805 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), cita que a resistência característica estimada para à flexão para pisos de concreto deve ser maior ou igual a 3,5 MPa. Além disso, fixa como carga característica estimada de ruptura maior ou igual a 4,5 KN.

3.3.2 Resistência ao desgaste

De acordo com Rodrigues et al. (2006, p. 35) a resistência ao desgaste por à abrasão é definido como “[...] a capacidade de o concreto resistir a esforços abrasivos, de caráter superficial, a que ele estará submetido ao longo de sua vida.”. Sendo assim, a resistência ao desgaste é caracterizada pelo desprendimento do material superficial do piso, podendo ser grãos de areia ou pó de cimento. Segundo Rodrigues et al. (2006), entre as causas deste tipo de patologia estão a baixa resistência do concreto e o baixo crescimento da resistência do concreto após 28 dias de idade. A tabela 4 apresenta a resistência mínima à compressão de acordo com a classe do piso.

Tabela 4 – Resistência mínima à compressão

Classe do piso	Resistencia mínima à compressão (Mpa)
1, 2 e 3 (Pedestres e rodas pneumáticas)	21
4, 5 e 6 (Trafego de veículos)	24
7 (Trafego com rodas rígidas)	24
7 (Overlay aderido)	35
8 (Overlay não aderido)	28
9 (Superplano)	28

(fonte: RODRIGUES et al., 2006, p. 42)

3.3.3 Exsudação

Segundo Rodrigues (2006a, p. 83)

A exsudação é a segregação da água do concreto, que aflora à superfície após o adensamento e perdurando por praticamente todo o período de dormência do concreto, cessando próximo ao início de pega, quando a rede de cristais de etringita reduz drasticamente a permeabilidade do concreto.

De acordo com ACI 302.1R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2004), a taxa de exsudação pode ser reduzida com as seguintes medidas:

- a) emprego de granulometria contínua, e incremento de agregados com elevada porcentagem de material retido nas peneiras #100 e #200 (0,15mm e 0,075mm);
- b) aumento do teor de ar incorporado (limitar em no máximo 3%, nos casos de pisos de concreto com acabamento mecânico);
- c) emprego de cimentos mais finos, ou substituição de parte do cimento por uma adição de elevada finura (ex: sílica ativa) ;
- d) redução do abatimento de tronco de cone ao mínimo necessário, sendo o valor compatível com os equipamentos de lançamento;
- e) redução do teor de água de amassamento da mistura, com a incorporação de aditivos redutores de água (aditivos plastificantes e/ou superplastificantes).

3.3.4 Retração do concreto

A retração do concreto tende a induzir o aparecimento de fissuras, e de acordo com Rodrigues et al. (2006), este assunto vem sendo cada vez mais estudado pelos especialistas em pavimentos de concreto, pois este tema é considerado fundamental para evolução dos pisos dado a grande quantidade de problemas observados. Segundo Rodrigues (2006a, p. 27):

Como o cimento é o componente quimicamente ativo do concreto é o responsável direto pelas propriedades mecânicas, mas também está ligado à retração do concreto, hoje uma das principais causas de patologias nos pavimentos. Atualmente sabe-se que a retração pode ser hidráulica ou autógena, sendo a primeira ligada à perda de água para o ambiente e a segunda caracteriza-se pela ocorrência da contração da pasta de cimento sem que haja troca de água com o meio ambiente.

Para contornar este problema o ACI 302.1R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2004) prescreve algumas recomendações a serem seguidas. Na tabela 5 pode ser verificado o potencial de retração do concreto de acordo com o tempo de ocorrência de fissuras:

- a) quando não houver filme plástico, a sub-base deve ser umedecida;
- b) empregar barreiras contra sol e vento;
- c) os agregados devem ser resfriados com água, antes da carga do caminhão;
- d) proteger o concreto com filmes (cura química), ou empregar asperção com água, dificultando a evaporação da água.

Tabela 5 – Potencial de retração do concreto

Tempo para ocorrência de fissuras (dias)	Potencial de Retração
$0 < t < 7$	Alto
$7 < t < 14$	Moderadamente Alto
$14 < t < 28$	Moderadamente Baixo
$t > 28$	Baixo

(fonte: RODRIGUES, 2007, p. 28)

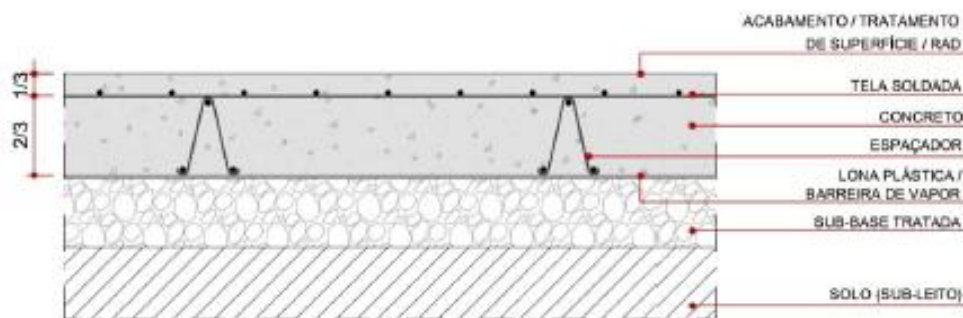
4 PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS

Chodounsky e Viecili (2007, p. 237) indicam que:

A complexidade na execução da maioria dos pisos não está compreendida na necessidade de realização de tarefas novas, mas sim na exigência de que os procedimentos corriqueiros sejam efetuados com a devida intensidade, precisão, eficácia e na sequência correta. O sucesso da execução depende do cumprimento das etapas planejadas.

A execução de piso de concreto deve ser precedida e acompanhada de cuidados no planejamento e controle. Segundo Rodrigues et al. (2006), as equipes deverão ser devidamente treinadas e qualificadas, além disso, é recomendável a execução preliminar de um pequeno trecho experimental, que poderá ser usado para a definição do padrão de qualidade do piso de concreto. A figura 4 apresenta um perfil típico de um piso de concreto armado.

Figura 4 – Perfil típico de um piso de concreto armado



(fonte: SÁ et al., 2009, p. 3)

Considerando que as etapas de execução de base e sub-base estão de acordo, as etapas para a execução de um piso de concreto, são divididas neste trabalho em: condições ambientais, barreira de vapor, fôrmas, posicionamento das armaduras, concretagem, acabamento superficial e execução de juntas e serão descritas nos itens a seguir.

4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA CONCRETAGEM

Sendo o Rio Grande do Sul um estado com clima subtropical, sujeito a mudanças bruscas de temperatura em pequenos intervalos de tempo, deve-se ter uma atenção especial para as condições do tempo nos dias em que antecedem a concretagem do pavimento. Temperaturas baixas devem ser evitadas, pois retardam o tempo de pega do concreto e podem reduzir a resistência à compressão nas primeiras idades. Segundo NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), a temperatura no momento do lançamento não deve ser inferior a 5°C e superior a 40°C, além disso, em temperaturas acima de 35°C medidas devem ser adotadas para evitar a perda de consistência e reduzir a temperatura da massa de concreto.

A condição considerada ideal é quando o piso está protegido de intempéries, ou seja, em ambientes fechados ou simplesmente cobertos. Segundo ACI 302.1R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2004), deve-se evitar executar pisos com elevados requisitos de planicidade e nivelamento em condições climáticas adversas, visto que pode não haver tempo hábil para a realização de todas as etapas e procedimentos de execução necessários.

4.2 BARREIRA DE VAPOR

A barreira de vapor é uma barreira física, a qual tem por função básica evitar que a água do concreto seja perdida por evaporação para o ambiente externo. Desta forma, evitando com que manifestações patológicas ocorram, como a fissuração proveniente da retração plástica ou da retração por secagem.

As lonas plásticas são produzidas geralmente nas medidas de 2 a 8 metros de largura e em diversas espessuras. De acordo com Cristelli (2010), após a sub-base estar totalmente nivelada e pronta para receber o concreto fresco, deve-se proceder a cobertura da área com a lona. Além disso, a lona plástica deve ultrapassar os limites das fôrmas e suas espessuras, especificadas para pisos de concreto, variam entre 2 mm e 3 mm.

4.3 FÔRMAS

As fôrmas tem como função a contenção lateral do concreto lançado e de acordo com Rodrigues et al. (2006, p. 90), os seguintes requisitos técnicos devem ser respeitados:

- (a) linearidade superior a 3 mm em 5 m;
- (b) rigidez suficiente para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto;
- (c) as fôrmas devem ter perfurações para a passagem das barras de ligação e transferência, com diâmetro mínimo de 20 mm. As fôrmas para pisos de maior espessura deverão ter furos de diâmetro maior que 25 ou 30 mm.

Segundo Senefonte e Barros (2007), após a montagem das fôrmas é necessário conferir o alinhamento e o nivelamento das mesmas, além disso, deve-se verificar as furações laterais onde serão posicionadas as barras de transferência. O correto nivelamento e encaixe das fôrmas proporcionará à estrutura um melhor desempenho na contenção do concreto.

4.4 POSICIONAMENTO DA ARMADURA

A última etapa antes da concretagem é o posicionamento dos elementos estruturais ao longo do pavimento. Trata-se da instalação das armaduras, telas, barras de transferência, distanciadores, caranguejos, espaçadores e demais reforços estruturais. Sendo que estes elementos devem ser conferidos para assegurar a estabilidade das peças e evitar deslocamentos durante o processo de concretagem.

4.4.1 Distanciadores

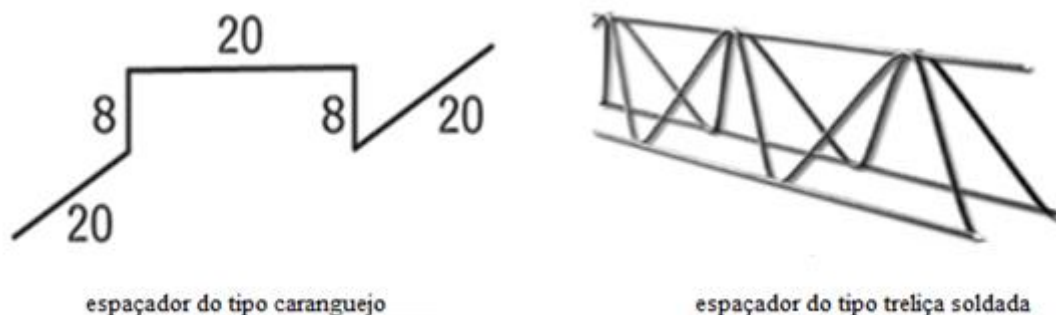
Os pisos de concreto podem ser especificados com armadura superior e/ou armadura inferior, sendo que o uso dos espaçadores é definido de acordo com o tipo de armadura empregada. Maiores informações são descritas nos itens seguir.

4.4.1.1 Armadura superior

Segundo Gasparetto (2004), para projetos de tela soldada em camada única na face superior, o posicionamento pode ser do tipo caranguejo ou soldados. A figura 5 ilustra cada tipo. Para cada tipo de espaçador, pode-se apontar os seguintes consumos:

- (a) caranguejo: sugere-se o consumo de 4 peças/m², sendo assim, o consumo de aço será de 1,88kg/m² ;
- (b) soldado: consumo médio desse espaçador é de aproximadamente 1,25m/m² de piso, o que representa linhas de treliça soldadas a cada 80 cm. Têm sido o mais utilizado desde o fim da década de 1990.

Figura 5 – Espaçador do tipo caranguejo e treliça soldada



(fonte: GASPARETTO, 2004)

4.4.1.2 Armadura inferior

Para execução de piso com armadura inferior são utilizadas pastilhas argamassadas ou distanciadores plásticos. De acordo com Gasparetto (2004), os distanciadores plásticos são considerados a melhor opção, pois são fornecidos por empresas especializadas e têm maior padrão de qualidade. A tabela 6 apresenta a distância máxima entre os espaçadores para armadura inferior.

Tabela 6 – Distância máxima entre os espaçadores

Telas soldadas	Distância máxima entre os espaçadores
Q 138	60 cm
Q 159	70 cm
Q 196	80 cm
> Q 246	100 cm

(fonte: CHODOUNSKY; VIECILI, 2007, p. 241)

4.4.1.3 Armadura inferior e superior

De acordo com Gasparetto (2004), podem ser utilizados espaçadores do tipo caranguejo ou do tipo treliça soldada, as observações sobre as características dos distanciadores apresentadas anteriormente são válidas também para esse item.

4.4.2 Tela soldada

Tela soldada é uma armadura pré-fabricada em forma de rede de malhas, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados. De acordo com Rodrigues (2006a), a tela obrigatoriamente deverá estar posicionada a $1/3$ da face superior da placa com um recobrimento máximo de 5 cm, para fios com bitola até 8 mm. Para diâmetros maiores, a emenda dependerá do diâmetro do fio e da aderência com o concreto.

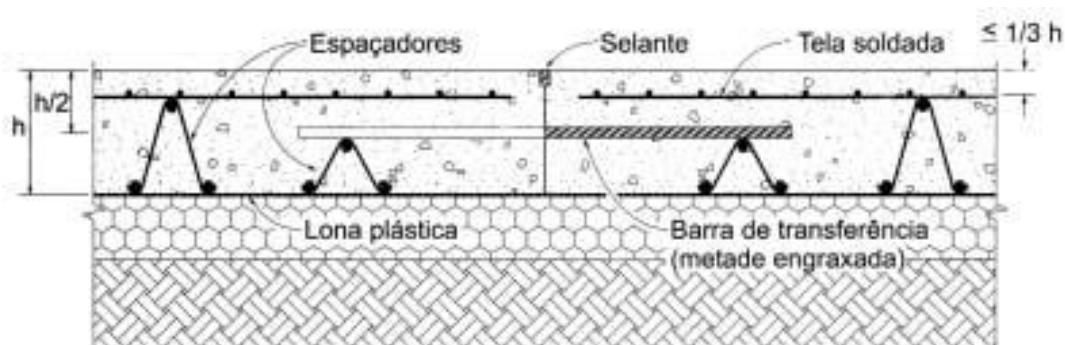
4.4.3 Barra de transferência

De acordo com Rodrigues (2006a), as barras de transferência são empregadas para transferir cargas entre placas separadas por juntas. Estas são essenciais para permitir a movimentação entre as placas de concreto, servindo para transferir cargas verticais entre placas contíguas. A figura 6 apresenta o posicionamento das barras de transferência e a tabela 7 apresenta o diâmetro das barras em função da espessura do piso de concreto

As barras de transferência precisam estar corretamente posicionadas para garantir o mecanismo de transferência de cargas. Sendo assim, de acordo com Rodrigues (2006a, p. 81):

A primeira premissa para que isso ocorra é que pelo menos metade da barra esteja com graxa ou outro desmoldante, para impedir a aderência ao concreto; a prática de enrolar papel de embalagens de cimento, lona plástica ou mesmo a colocação de mangueira na barra é prejudicial aos mecanismos de transferência de carga, pois acabam formando vazios entre o aço e o concreto, devendo ser evitada.

Figura 6 – Posicionamento das barras de transferência



(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 79)

Tabela 7 – Diâmetro das barras de transferência

Espessura da Placa (mm)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Espaçamento (mm)
Sem trânsito de veículos	16	500	300
120 a 175	20	500	300
176 a 225	25	500	300
226 a 275	32	500	300

(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 74)

4.5 CONCRETAGEM

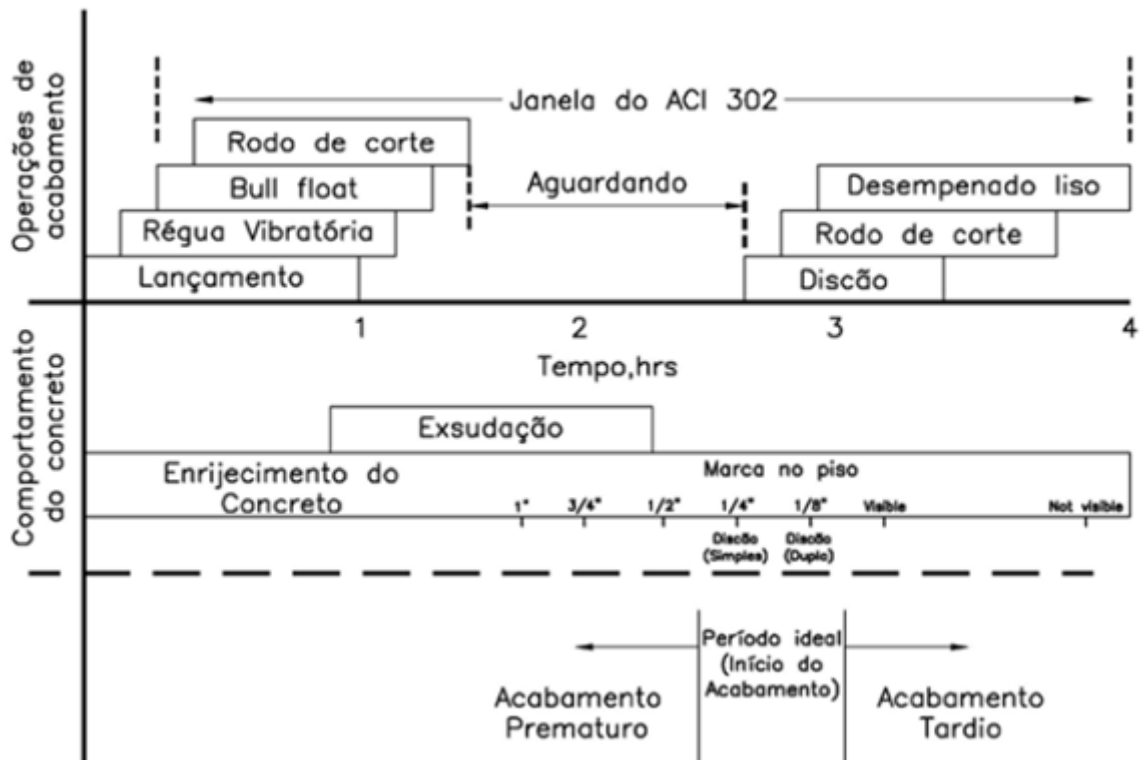
A execução do piso é uma etapa importante para a sua qualidade e a figura 7 apresenta as etapas do processo, bem como o tempo aproximado transcorrido entre elas para que as fases se processem adequadamente. Segundo Rodrigues et al. (2006), a sequência de concretagem deve ser executada em faixas alternadas, de acordo com a figura 8, sendo que se deve evitar concretagem em xadrez.

As tolerâncias executivas da espessura da placa de concreto são indicadas pelo ACI 117 (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 1990), sendo:

- a) placas com até 300 mm de espessura: +10 mm e -7 mm;
- b) placas com mais de 300 mm de espessura: +7mm e -10 mm.

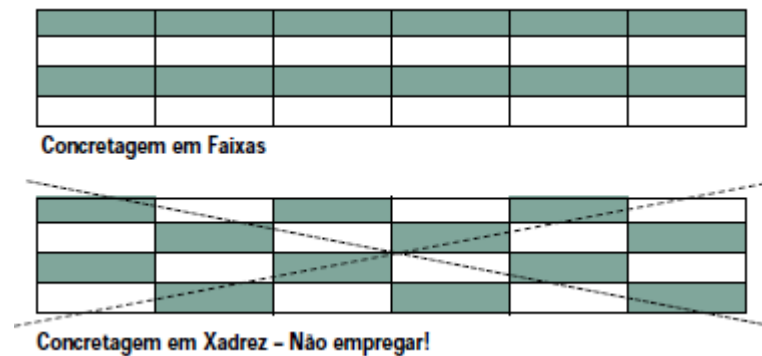
O processo de concretagem pode ser dividido em produção e transporte, lançamento e adensamento, sendo que essas etapas são descritas a seguir.

Figura 7 – Fases executivas do piso de concreto



(fonte: RODRIGUES, 2007, p. 29)

Figura 8 – Sequência de concretagem



(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 88)

4.5.1 Produção e transporte

A especificação do concreto deve ser cuidadosamente estudada, pois é muito comum encontrar manifestações patológicas nos pisos de concreto devido às propriedades dos materiais e ao traço empregado. Segundo Seiler (2009), “O melhor traço de concreto para pisos é aquele que consegue incorporar a combinação mais econômica de materiais com a trabalhabilidade, resistências à abrasão e compressão, durabilidade e retração requeridas no

projeto.”. Segundo a NBR 15805 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), a composição do traço do concreto deve atender à relação máxima de água/cimento de 0,50.

As principais medidas para especificação do concreto para pisos de concreto, segundo Seiler (2009) são:

- a) minimizar a retração;
- b) garantir elevado índice de resistência à abrasão;
- c) controlar o teor de finos ou de aditivos modificadores de viscosidade para garantir bombeamento e boas condições para acabamento;
- d) evitar o uso excessivo de aditivos retardadores para evitar pega diferencial.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), o transporte do concreto pré-misturado para o canteiro de obras deve ser feito o mais rápido possível para minimizar os efeitos do enrijecimento e da perda de trabalhabilidade e não dificultar, após o lançamento, o adensamento e o acabamento superficial. Sob condições normais, geralmente há uma perda desprezível da consistência durante os primeiros 30 minutos após o início da hidratação do cimento Portland. O objetivo fundamental a ser atendido, na escolha do método e equipamento para transportar e lançar o concreto, é assegurar que o concreto não segregue.

4.5.2 Lançamento

O lançamento de concreto deve ser definido de acordo com a disponibilidade de equipamentos e em função das condições de acessibilidade na obra. De acordo com Rodrigues (2006a) o lançamento deve ser feito em velocidade uniforme, de modo que o intervalo de descarga dos caminhões seja constante, sendo 24 m³/h o mais recomendado.

Segundo Sá et al. (2009, p. 5):

Em caso de grandes intervalos entre as descargas, haverá uma descontinuidade das operações de acabamento final realizada com os equipamentos “acabadoras de superfícies”, formando uma “emenda” aparente entre os concretos endurecido/fresco. Esta emenda pode vir a fissurar ou simplesmente gerar uma grande mancha no piso, comprometendo a estética, planicidade e nivelamento do mesmo. Para evitar estes transtornos, recomendamos que os lançamentos de concreto ocorram sempre no período da manhã, salvo obras de pavimentações executadas a céu aberto em regiões muito quentes e secas, onde as concretagens são realizadas no período noturno.

Alguns cuidados devem ser tomados para evitar a segregação do concreto, como o controle de homogeneização da mistura, e os ensaios de abatimento e moldagem de corpos de prova para ensaios de resistência. O processo de determinação de abatimento do concreto mais utilizado no Brasil, devido à simplicidade e facilidade com que é executado na obra, é o ensaio de abatimento de tronco de cone, segundo A NBR NM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) conhecido como *Slump Test*².

Conforme Rodrigues et al. (2006), o *slump* do concreto para pisos deve ficar na faixa de 70 mm e 100mm. No caso de emprego de aditivos, devem ser evitados os superplastificantes. Sendo que nestes casos o abatimento do concreto deve ser próximo dos 50 mm, não devendo exceder a 100 mm³.

Segundo Sá et al. (2009), abatimentos muito baixos, inferiores a 80 mm, prejudicam o espalhamento do concreto e devem ser evitados. Já abatimentos superiores a 140 mm podem contribuir para a ocorrência de exsudação excessiva e segregação.

4.5.3 Adensamento

De acordo com Mehta e Monteiro (2008, p. 354), “Consolidação ou adensamento é o processo de moldagem do concreto dentro de fôrmas e no entorno de peças embutidas e do aço da armadura, a fim de eliminar bolsões de vazio e de ar retido.”. Ou seja, o adensamento é responsável por eliminar o ar aprisionado no concreto fresco, dando assim maior resistência ao pavimento.

Segundo a NBR 15805 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), o concreto utilizado deve sofrer adensamento mecânico através de dispositivos de vibração, ou metodologia alternativa que ofereça adensamento equivalente. Além disso, Chodousky e Viecili (2007) citam que os vibradores de imersão devem ter diâmetro externo de no máximo 40 mm e frequência maior ou igual a 60 Hz. Devem ser empregados sempre na vertical, sendo que não é recomendado seu uso para espalhamento do concreto.

² No Brasil este ensaio é regulamentado pela NBR NM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. Basicamente consiste no preenchimento de um tronco de cone (cone de Abrams) em três camadas de igual altura, sendo em cada camada dados 25 golpes com uma haste padrão. O valor do abatimento é a medida do adensamento do concreto logo após a retirada do molde cônico.

³ Especialistas sugerem um abatimento de tronco de cone para pisos de 100 mm ± 20 mm.

4.6 ACABAMENTO SUPERFICIAL

Segundo Rodrigues et al. (2006, p. 93) os procedimentos executados são descritos da seguinte forma:

- (a) corte (*strikeoff*): a passagem da régua vibratória exerce não somente uma operação de adensamento, mas também promove o nivelamento ou corte do concreto;
- (b) desempeno: empregado desempenadeiras especiais para pisos, com largura em torno de 200mm e comprimento entre 1 m e 3 m, normalmente designadas por *float* ou *bull float*;
- (c) rodo de corte: constituída por um perfil de alumínio retangular, adaptado a um cabo que permite mudar o ângulo de ataque do perfil, possibilitando que ele corte o concreto quando é puxado ou empurrado;
- (d) desempeno ou *Float* Mecânico: geralmente são empregados grandes discos acoplados às desempenadeiras mecânicas, tendo a função de compactar a superfície e trazer mais argamassa, afastando os agregados graúdos da superfície;
- (e) alisamento mecânico: é o desempeno fino do concreto, executado com as desempenadeiras mecânicas, que emprega lâminas de aço, variando a sua inclinação, o que permite a obtenção de uma superfície bastante dura.

Contudo, as exigências de planicidade e nivelamento irão determinar os tipos, os equipamentos e o número de operações de acabamentos necessárias. A prática de medidas criteriosas para esta etapa é de fundamental importância, pois a superfície acabada estará em contato direto com o meio agressor e deverá apresentar o desempenho esperado de projeto. As figuras 9 e 10 ilustram alguns procedimentos adotados na fase de acabamento do piso.

Segundo ACI 306R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 1988), o índice de nivelamento (F_i) é que define a conformidade relativa da superfície com o plano horizontal, medido a cada 3 metros. O índice de planicidade (F_f) é que define a máxima curvatura permitida no piso em 600 mm, calculado com base em duas medidas sucessivas de elevações diferenciais, tomadas a cada 300 mm. As figuras 11 e 12 ilustram a caracterização dos índices de nivelamento e de planicidade.

Figura 9 – Espalhamento e adensamento do concreto com régua vibratória



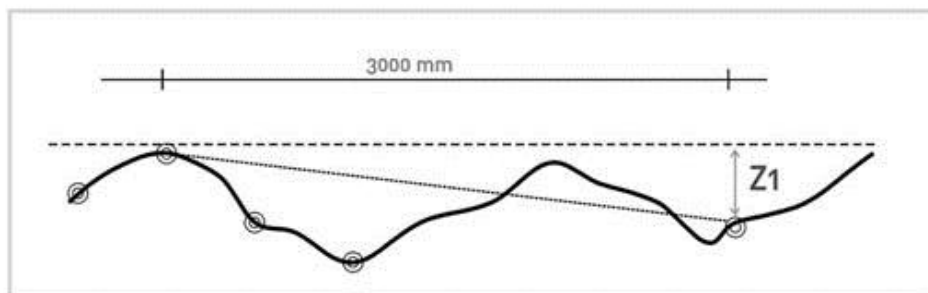
(SÁ et al., 2009, p. 7)

Figura 10 – Desempenho e acabamento mecânico com acabadoras duplas



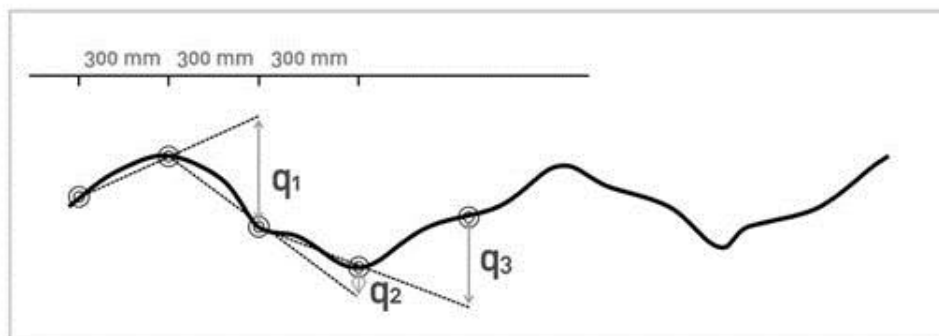
(SÁ et al., 2009, p. 7)

Figura 11 – Caracterização do índice de nivelamento



(fonte: CRISTELLI, 2010, p. 79)

Figura 12 – Caracterização do índice de planicidade



(fonte: CRISTELLI, 2010, p. 79)

4.7 JUNTAS

Segundo Chodounsky e Viecili (2007, p. 259), “As juntas são os elementos mais sensíveis nos pisos de concreto e deve-se dedicar especial atenção à sua execução. Estima-se que mais de dois terços das manifestações patológicas dos pisos de concreto estejam relacionados com falhas nas juntas.”.

Sendo assim, as juntas são criadas com a intenção de permitir a livre movimentação da placa, evitando fissuras decorrentes do processo de retração, dilatação e cargas atuantes na estrutura. Segundo Sá et al. (2009, p. 6), “Caso as juntas não sejam serradas ou a protensão não seja realizada (piso protendido), as chances da ocorrência de trincas e fissuras são enormes.”.

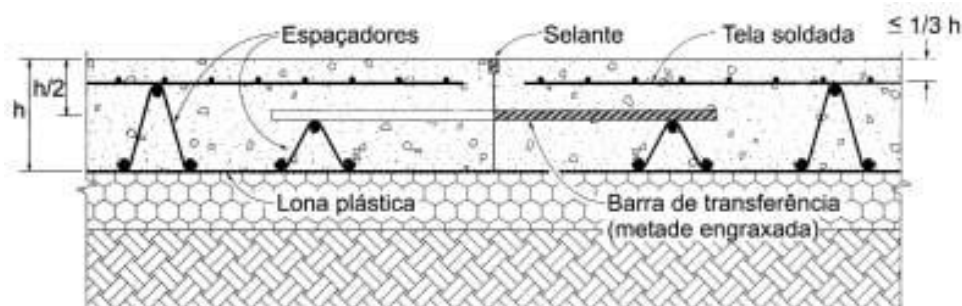
4.7.1 Tipos de juntas

As juntas podem ser classificadas em de construção, serrada ou de expansão e são detalhadas nos próximos itens.

4.7.1.1 Junta de construção

De acordo com Tomaselli (2007), as juntas de construção são decorrentes da paralisação da concretagem da placa e são empregadas barras de transferência para sua execução. A figura 13 apresenta uma seção de uma junta de construção com uso de barras de transferência.

Figura 13 – Junta de construção



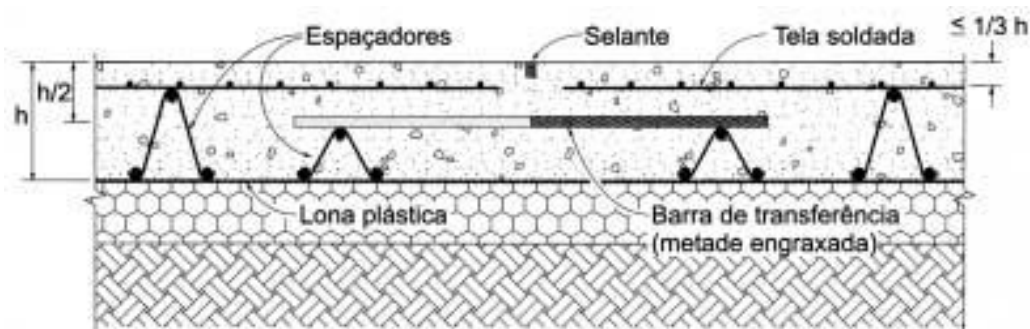
(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 71)

4.7.1.2 Junta serrada

Segundo Sá et al. (2009), em geral, o período para a realização dos cortes das juntas serradas deve ocorrer sempre entre 6 a 12 horas após o acabamento do piso. Este intervalo descrito pode ocorrer devido ao tipo de cimento utilizado ou do tempo de início de pega do concreto.

Para Rodrigues (2006a), o corte deve ter pelo menos 40 mm, ser maior do que $1/6$ da espessura da placa e menor do que $1/4$ da espessura da mesma. A figura 14 apresenta uma seção de uma junta serrada.

Figura 14 – Junta serrada



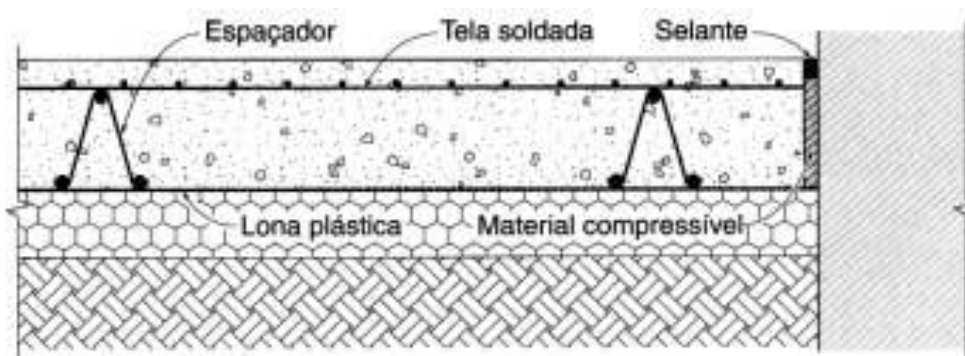
(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 72)

4.7.1.3 Junta de encontro

Quando o piso encontra com pilares ou vigas é necessário fazer o isolamento do piso com estas estruturas de modo a impedir a transferência de esforços para essas estruturas, sendo que o isolamento é feito com uma junta, denominada junta de encontro. Sendo que Chodounsky e Viecili (2007) recomendam que o isolamento deverá ser feito através da colocação de elementos compressíveis entre o piso e a estrutura existente, sendo que, normalmente é usado

poliestireno expandido ou borracha com espessura em torno de 5 a 20 mm. A figura 15 apresenta uma seção de uma junta de encontro com uso de barras de transferência.

Figura 15 – Junta de encontro



(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 72)

4.7.2 Controle de juntas

Segundo Rodrigues et al. (2006, p. 100), as juntas devem obedecer aos seguintes critérios:

- (a) as barras de transferência devem ser posicionadas de modo que a variação do espaçamento entre elas difira no máximo 25 mm;
- (b) o ponto médio da barra de transferência deve estar no máximo a 10 mm da junta;
- (c) a tolerância no posicionamento das barras de transferência em relação ao plano médio da placa de concreto poderá ser de ± 7 mm;
- (d) o alinhamento das juntas construtivas não deve variar mais do que 10 mm ao longo de 3 metros;
- (e) nas juntas serradas, a profundidade do corte não deve variar mais do que 5 mm com relação ao especificado.

Rodrigues e Gasparetto (2011) definem os cuidados básicos a serem observados e seguidos na produção do projeto geométrico de juntas:

- (a) a largura da faixa de concretagem deve ser consistente com os índices de planicidade exigidos para o uso do piso;
- (b) no caso de haver cargas de prateleiras ou estantes, recomenda-se que as juntas longitudinais de construção sejam paralelas com a estanteria e distantes cerca de 15 cm dos montantes;
- (c) as juntas devem ser alinhadas aos cantos internos do piso;

- (d) o comprimento de um trecho de junta de construção ou serrada deve ser no mínimo igual a 50 cm;
- (e) prever ângulos de encontro entre juntas sempre maiores do que 90°;
- (f) uma junta de construção ou serrada deve ser sempre encontrar uma curva em ângulo igual a 90°;
- (g) uma junta de construção ou serrada não pode terminar em outra junta de construção ou serrada, sempre deverá terminar em uma junta de expansão.

De acordo com Rodrigues (2006a), as juntas deverão ser sempre contínuas, podendo apenas ser interrompidas nas juntas de encontro, sendo que nunca de ser realizado uma junta do tipo T. As figuras 16 e 17 mostram manifestações patológicas causadas por erros de projeto das juntas.

Figura 16 – Fissura gerada pela utilização de uma junta do tipo T



(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 69)

Figura 17 – Fissura gerada pelo posicionamento inadequado da junta serrada na interseção com a junta de encontro em curva



(fonte: RODRIGUES, 2006a, p. 69)

5 LEVANTAMENTO DE CAMPO: OBSERVAÇÕES E RESULTADOS

Neste capítulo, inicia-se a descrição da pesquisa de campo, sendo abordados itens como: a definição da amostra, a elaboração do *check list*, a aplicação do *check list* e a apresentação dos resultados obtidos.

5.1 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

Como o objetivo principal deste trabalho é a realização de uma análise comparativa entre a teoria e a prática do processo de execução de pisos de concreto na Cidade de Porto Alegre e Região Metropolitana, oito empresas especializadas em pisos de concreto foram contatadas, sendo que, cinco aceitaram fazer parte desta pesquisa e de cada empresa uma obra foi acompanhada. As empresas e respectivas obras foram identificadas por letras de A a E.

Assim, uma vez que foi analisada uma única obra de cada empresa, a equipe estudada nunca se repetiria. Esta metodologia foi aplicada considerando-se que se fossem analisadas as mesmas equipes elas cometeriam, provavelmente, os mesmo erros e acertos.

5.2 ELABORAÇÃO DO *CHECK LIST*

O *check list* foi criado com base em conhecimentos obtidos na literatura brasileira e com a ajuda de professores e profissionais da área. A lista de verificação possui questões que devem ser respondidas ou simplesmente assinaladas com <sim> ou <não>, as respostas em não conformidade com o item de verificação resultam em uma recomendação no relatório gerado no final da pesquisa.

O *check list* (apêndice A) possui nove itens divididos de acordo com os procedimentos executados, são eles:

- a) dados preliminares;
- b) condições ambientais;
- c) barreira de vapor;
- d) posicionamento das armaduras;

- e) fôrmas;
- f) especificação do concreto;
- g) lançamento do concreto;
- h) acabamentos superficiais;
- i) análise das juntas.

Para cada empresa foi entregue uma carta, na qual era solicitada a participação do mesmo e explicado que os dados obtidos fariam parte de um trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A carta pode ser visualizada no apêndice B.

5.3 APLICAÇÃO DO *CHECK LIST*

Durante os meses de março e abril de 2012, o *check list* elaborado anteriormente, foi aplicado em cinco obras de empresas da cidade de Porto Alegre e Região Metropolitana e, como descrito anteriormente, a caracterização de cada obra será descrita nos itens a seguir.

5.3.1 Empresa A

Localizado na cidade de São Leopoldo, o piso de concreto realizado pela empresa A foi executado no dia 20 de março. A área de concretagem era de 381 m² e a espessura do piso de 15 cm. Sendo assim, para esta demanda, foi designada uma equipe com 11 funcionários. A obra ficava localizada dentro de uma fabrica de pneus e a utilização futura do piso seria para depósito.

5.3.2 Empresa B

A obra da empresa B estava localizada no município de Gravataí e foi realizada no dia 22 de março. Anteriormente no local já havia um piso de concreto, porém este piso já se encontrava muito deteriorado e fissurado. Optaram, então, por remover o piso existente e executar um novo.

A área de concretagem era de 650 m² e a espessura do piso de 12 cm, sendo assim, para esta demanda foi designado uma equipe com 9 funcionários. No local será instalada uma fábrica de autopeças.

5.3.3 Empresa C

A obra da empresa C estava localizada no município de Porto Alegre e foi realizada no dia 9 de abril. O empreendimento está sendo executado por investidores que estão construindo vários pavilhões nos mesmos padrões e que, futuramente, serão alugados por qualquer pessoa ou empresa. A área de concretagem era de 500 m² e a espessura do piso de 15 cm, então foi designado uma equipe com 7 funcionários para esse serviço.

5.3.4 Empresa D

Localizada na cidade de Porto Alegre, a execução do piso da empresa D foi realizada no dia 10 de abril e contava com uma área de 675 m². Esta obra, por se encontrar em um solo onde não há suporte para o piso, teve que ser adotado como solução estrutural o estaqueamento da mesma, evitando assim a ocorrência de recalques. A espessura do piso era de 8 cm e servirá futuramente para depósito de uma fábrica.

5.3.5 Empresa E

Localizada na cidade de Canoas, a obra estudada da empresa E foi realizada no dia 25 de abril. A área de concretagem compreendia um total de 150 m² e a espessura era de 10 cm, sendo assim, para esta demanda a empresa direcionou uma equipe com 6 funcionários.

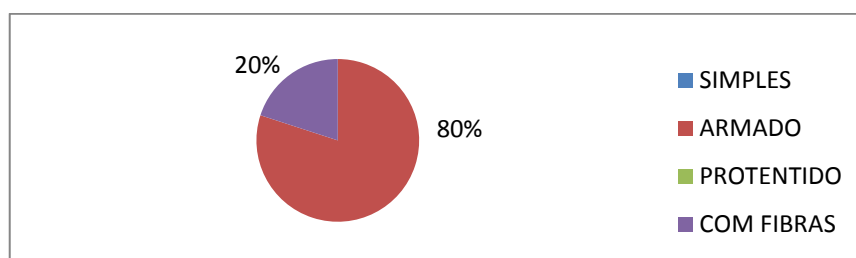
5.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A apresentação dos resultados obtidos nesta pesquisa será feita na forma de gráficos do tipo pizza. Ademais, a análise dos resultados foi baseada no conhecimento adquirido ao longo do trabalho, com a ajuda das orientadoras.

5.4.1 Dados preliminares da obra

Verifica-se, pela figura 18, que dentro os tipos de pisos existente no mercado foram analisados os pisos estruturalmente armado e com fibras, sendo que o *check list* não foi aplicado para pisos simples e protendido. O quadro 1 relaciona a obra e o tipo de pavimento empregado.

Figura 18 – Obra e tipo de pavimento



(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 1 – Obra e tipo de pavimento empregado

OBRA	TIPO DE PAVIMENTO
Obra A	Adição de fibras
Obra B	Estruturalmente armado
Obra C	Estruturalmente armado
Obra D	Estruturalmente armado
Obra E	Estruturalmente armado

(fonte: elaborado pelo autor)

A presença do engenheiro no acompanhamento da execução da obra é de fundamental importância, não só na execução de pisos de concreto como em qualquer obra, pois sua presença é essencial para acompanhar e fiscalizar o andamento da obra, porém não foi o que se observou. Nas obras estudadas, os engenheiros não tinham presença assídua, fazendo assim, um acompanhamento parcial ou distante. Além disso, das cinco obras estudadas apenas a obra A e D possuíam projeto, destas, somente na obra A foi executado uma placa teste. Estes dados se mostram muito preocupantes, pois demonstram um pouco de descaso das empresas com a execução de pavimentos de concreto.

5.4.2 Condições ambientais

As condições ambientais nos dias de concretagem se mostraram dentro dos padrões recomendados, pois todos os pavimentos analisados estavam em locais protegidos de intempéries. As temperaturas registradas também se encontravam dentro da margem recomendada pelo ACI 302.1R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2004), que menciona que a temperatura média do ar deve ser maior que 5°C.

5.4.3 Barreira de vapor

Foi verificado em todas as obras que, após a sub-base estar totalmente nivelada e pronta para receber o concreto, à área do piso estava totalmente coberta com lona plástica, impedindo assim que a umidade vinda do subsolo entrasse em contato direto com o pavimento. Não foi verificado em nenhum dos pisos estudados, conforme figura 19, a ultrapassagem da lona nos limites das fôrmas. Esta prática, conforme entendimento do Cristelli (2010), deveria ser adotada para permitir a sobreposição com as próximas faixas.

Figura 19 – Deficiência na colocação da lona plástica



(fonte: foto do autor)

5.4.4 Posicionamento das armaduras

Na obra A, que utilizou fibras de aço, foi verificada a presença de armadura superior Q196⁴ no encontro do piso com pilares e portões, conforme figura 20, somente para reforçar a área em questão. Nas demais áreas não foram utilizadas armaduras, pois de acordo com Cristelli

⁴ Tela Q196: tela armada com fios de 5,0x5,0mm.

(2010), a utilização de fibras no concreto substitui à presença de armaduras, tornando assim correta a prática adotada.

Figura 20 – Utilização de tela nas áreas de acesso da obra A



(fonte: foto do autor)

Nas obras B e C, foi verificada a utilização de tela superior Q138⁵ com espaçador treliçado soldado. O consumo dos espaçadores, aproximadamente um a cada 80 cm e o cobrimento da tela, que deve ser estar posicionada a 1/3 da face superior da placa com um máximo de 5 cm, se mostrou dentro do recomendado por Gasparetto (2004).

Na obra D observou-se utilizado tela Q138 com um cobrimento de 3,5 cm. Não foi especificado o uso de espaçador, pois como o piso era estaqueado, as próprias vigas, espaçadas a cada metro, faziam o papel do espaçador.

Na obra E não foi verificado o uso de qualquer tipo de espaçador, sendo que a tela soldada se encontrava totalmente em contato com a lona plástica, caracterizando o uso de tela inferior. A tela utilizada no pavimento foi a Q138 e cobrimento, medido em obra, ficou em torno de 8 cm. Esta prática adotada se mostrou incorreta, pois de acordo com Rodrigues (2006a), é necessário um cobrimento máximo de 5 cm.

⁵ Tela Q138: tela armada com fios de 4,2x4,2mm.

5.4.5 Fôrmas

Na análise das fôrmas, foi verificado que são utilizadas tanto as de aço quanto, de madeira. Foi utilizado somente a observação visual na análise, sendo assim, nenhum equipamento foi utilizado para medir planicidade e nivelamento.

Nas obras A e E, as juntas de encontro e de construção faziam o papel das fôrmas. Já nas obras B e C, foram utilizadas fôrmas em madeira e sua rigidez e estaticidade encontrava-se de acordo. Na figura 21 é possível observar a utilização do nível a laser para nivelamento das fôrmas, este aparelho indispensável para o assentamento das fôrmas foi utilizado em todas as obras.

Figura 21 – Utilização do nível a laser para nivelamento das fôrmas



(fonte: foto do autor)

5.4.6 Especificação do concreto

Em todas as obras, a opção foi pela utilização do concreto convencional, uma vez que, este concreto é o mais utilizado pelas empresas na confecção de pisos de concreto. O traço utilizado foi especificado pelos engenheiros das concreteiras contratadas e são apresentados no quadro 2. O quadro 3 apresenta a resistência à compressão e a resistência à tração na flexão.

Quadro 2 – Traço dos concretos

OBRA	Brita 0 (kg/m ³)	Brita 1 (kg/m ³)	Areia fina (kg/m ³)	Areia media (kg/m ³)	a/c
Concreto A	722,00	310,00	332,00	420,00	0,46
Concreto B	223,00	893,00	310,00	465,00	0,55
Concreto C	162,00	648,00	254,00	381,00	0,57
Concreto D	444,00	559,00	0,00	762,00	0,50
Concreto E	408,80	151,50	310,00	410,00	0,55

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 3 – Resistência à compressão e à tração

OBRA	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)
Obra A	35	4,5
Obra B	30	4,2
Obra C	20	4,0
Obra D	30	4,2
Obra E	30	4,2

(fonte: elaborado pelo autor)

Na composição dos concretos, foi utilizado agregado graúdo com quantidades especificadas de brita 0 e brita 1, areia média e fina e a relação água/cimento. O diâmetro máximo do agregado graúdo ficou fora da faixa recomendada nas obras A, C e D e pode ser visualizado no quadro 4. O cimento utilizado na obra A foi o CP II E, nas demais obras foi utilizado o CP IV. O consumo de cimento ficou abaixo do recomendado para os pisos das empresas B, C e D e o quadro 5 apresenta o consumo de cimento para cada traço.

Quadro 4 – Diâmetro máximo do agregado graúdo

OBRA	ESPESSURA DO PAVIMENTO (mm)	DIÂMETRO MAX. RECOMENDADO (mm)	DIÂMETRO MÁX. DO AGREGADO UTILIZADO (mm)
Obra A	150	[30,00;37,50]	19,00
Obra B	120	[24,00;30,00]	24,50
Obra C	150	[30,00;37,50]	24,00
Obra D	80	[16,00;20,00]	25,00
Obra E	100	[20,00;25,00]	25,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 5 – Consumo de cimento

OBRA	TIPO DE CIMENTO	CONSUMO RECOMENDADO (kg/m ³)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m ³)
Obra A	CP II E	330	392
Obra B	CP IV	360	332
Obra C	CP IV	360	257
Obra D	CP IV	360	362
Obra E	CP IV	360	340

(fonte: elaborado pelo autor)

Não foi usado aditivo na obra C, nas demais obras, foi usado o superplastificante. Com a utilização deste aditivo, segundo Rodrigues et al. (2006), o *slump* do concreto deve ser ajustado, uma vez que, sua utilização em pisos não é recomendada, o quadro 6 apresenta o aditivo utilizado, o teor de aditivo e o *slump* do concreto.

Quadro 6 – Aditivos utilizados, teor de aditivos e slump do concreto

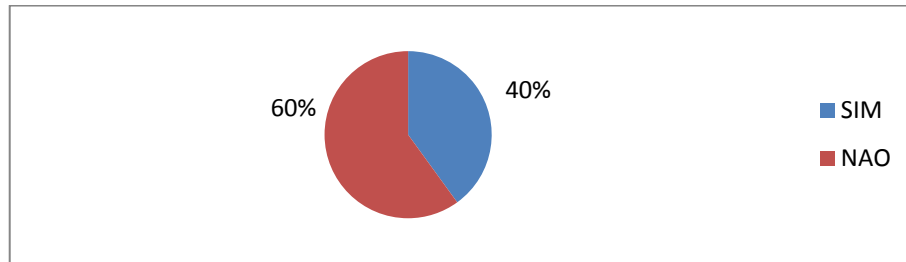
OBRA	ADITIVO UTILIZADO	TEOR DE ADITIVO (l/m ³)	<i>SLUMP</i> RECOMENDADO (mm)	<i>SLUMP</i> ESPECIFICADO DO CONCRETO (mm)
Obra A	Superplastificante Plastificante	0,95 2,56	[50,00;100,00]	80,00 ± 10,00
Obra B	Superplastificante	0,83	[50,00;100,00]	100,00 ± 20,00
Obra C	Não utilizado	-	[70,00;100,00]	100,00 ± 20,00
Obra D	Superplastificante	2,00	[50,00;100,00]	120,00 ± 20,00
Obra E	Superplastificante	1,20	[50,00;100,00]	80,00 ± 20,00

(fonte: elaborado pelo autor)

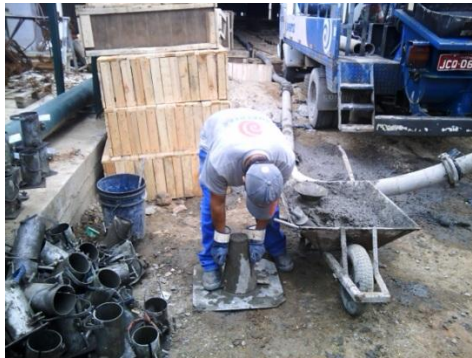
Na obra A, que usou fibras metálicas, o teor de fibras especificado foi 25 kg/m³. Este tipo de pavimento foi adotado, segundo o engenheiro responsável, para diminuir a quantidades de juntas, uma vez que, são nelas que ocorre a maioria das patologias em pisos de concreto.

5.4.7 Lançamento do concreto

Em todas as obras, o lançamento do concreto foi iniciado na parte da manhã, estendendo-se até o início da tarde. O *Slump Test*, que deve ser efetuado em qualquer circunstância, se mostrou ausente nas obras B, C e E, sendo que foi alegado pelos funcionários das empresas que o *Slump Test* já havia sido feito na concreteira, tornando assim dispensável de ser realizado novamente em obra. A realização da moldagem dos corpos de prova, para análise posterior em laboratório, não foi realizado nas obras B, C e E. Na figura 22 pode-se visualizar o gráfico de utilização do *Slump Test* pelas empresas, a figura 23 apresenta o *Slump Test* sendo realizado pela empresa D e a figura 24 mostra o concreto sendo lançado pela equipe.

Figura 22 - Realização do *Slump Test*

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 23 - *Slump Test* sendo realizado na obra D

(fonte: foto do autor)

Figura 24 – Lançamento do concreto na obra A



(fonte: foto do autor)

O intervalo de tempo entre as descargas de caminhões foi um dos itens mais preocupantes no lançamento do concreto. Houve atrasos nas obras B e D, e no que diz respeito a obra D, pode-se observar um intervalo de mais de uma hora, sendo que o recomendável, de acordo com Rodrigues (2006a), é de três caminhões por hora. Na figura 25 é possível vislumbrar o

concreto em estado de pega, sendo que este grande intervalo entre descargas ocasionará uma emenda na placa e pode vir a fissurar ou gerar uma mancha no pavimento.

Figura 25 – Concreto da obra D em estado endurecido



(fonte: foto do autor)

5.4.8 Acabamento superficial

Os equipamentos usados em cada obra e a sequência de execução não variaram muito, porém alguns equipamentos importantes, como por exemplo, o *bull float* e a régua vibratória, não foram empregadas em nenhuma das obras, sendo utilizados apenas os equipamentos mais convencionais. De acordo com Rodrigues (2007), a sequência dos procedimentos de acabamento, apresentadas na figura 7, deve ser respeitada, pois são essenciais para melhorar o acabamento do piso e garantir a planicidade desejada. O quadro 7 apresenta os equipamentos, em sequência, utilizados em cada obra e a figura 26 a utilização do rodo de corte, a esquerda, e a direita as acabadoras duplas.

Quadro 7 – Equipamentos utilizados

OBRA	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS
Obra A	Régua de alumínio/Rodo de corte/ Discão/ Acabadoras duplas
Obra B	Régua de alumínio/ Discão/ Acabadoras duplas
Obra C	Régua de alumínio/ Discão/ Acabadoras duplas
Obra D	Régua de alumínio/ Rodo de corte/ Discão/ Acabadoras duplas
Obra E	Régua de alumínio/ Discão

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 26 – Utilização do rodo de corte e das acabadoras duplas na obra A



(fonte: foto do autor)

O intervalo de tempo entre o lançamento e o início dos procedimentos de acabamento foi considerado prematuro na obra C, pois sua execução iniciou após uma hora do início do lançamento, como é possível visualizar na figura 27. Os procedimentos de acabamento das obras B e E mostraram-se extremamente insuficientes devido à falta de equipamentos utilizados, nestes casos é possível prever que não haverá uma planicidade aceitável para pisos. A figura 28 mostra os processos de acabamentos na obra B.

Figura 27 – Acabamento prematuro na obra C



(fonte: foto do autor)

Figura 28 – Acabamento insuficiente na obra B.



(fonte: foto do autor)

As técnicas de acabamento são essenciais já que a planicidade do piso depende diretamente da habilidade de realizar este trabalho, a questão principal do processo de acabamento é saber a hora certa para iniciá-lo. Nos procedimentos adotados pelas construtoras é possível observar uma carência na quantidade de procedimentos executados, gerando assim, uma carência na qualidade do piso de concreto. A etapa de acabamento de um piso de concreto se torna importante, pois sua planicidade depende do serviço executado, sendo assim, as empresas deveriam investir mais na compra de equipamentos mais sofisticados e no treinamento da mão de obra.

5.4.9 Análise das juntas

Na análise das juntas, foi verificada a ausência de juntas serradas na obra D, pois em pisos estaqueados, o piso nada mais é do que uma laje apoiada nas estacas. Além disso, o projetista deste piso não adotou nenhum tipo de ligação ou transferência de esforços entre as placas, ocasionando assim, a ausência de barras de transferência no piso, como mostra a figura 29. A ausência de barras de transferência nas juntas serradas e de encontro também se mostrou ausente na obra E, sendo que a figura 30 mostra a não utilização das barras de transferência nas juntas de construção.

Figura 29 – Estrutura do piso estaqueado da obra D



(fonte: foto do autor)

Figura 30 – Ausência das barras de transferência nas juntas de construção da obra E



(fonte: foto do autor)

Na obra B, não foram utilizadas barras de transferência para as juntas de construção, somente nas juntas serradas. Nas juntas da obra C, não foram utilizadas as barras de transferência nas juntas serradas, além disso, para a área de concretagem não foi previsto junta de construção. A ausência das barras de transferência pode ser indicada como um dos itens mais graves observados neste trabalho, pois de acordo com Rodrigues (2006a), elas são essenciais para permitir a movimentação entre as placas de concreto, além disso, de acordo com Gasparetto (2004), a não colocação de uma barra de transferência faz com que as placas de concreto trabalhem independente uma da outra, com isso, surgem pontos de tensões muito superiores a outros ocasionando fissuras e empenamento na placa de concreto. O quadro 8 mostra a utilização das barras de transferência nas juntas de construção e serrada.

Quadro 8 – Utilização de barras de transferência nas juntas de construção e serrada

OBRA	JUNTA DE CONSTRUÇÃO	JUNTA SERRADA
OBRA A	S	N
OBRA B	N	S
OBRA C	NP	S
OBRA D	S	NP
OBRA E	N	N

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

S: de acordo

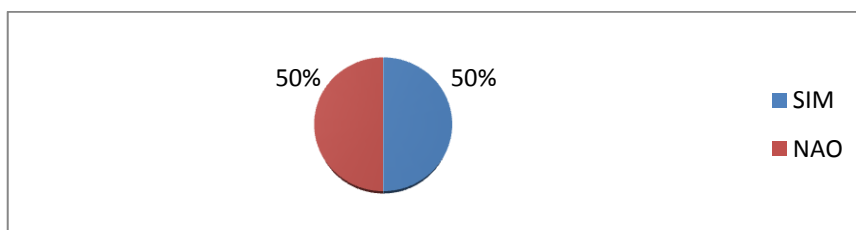
N: não de acordo

NP: Não projetado

A execução das juntas serradas foi efetuada em todas as obras no dia posterior a concretagem, respeitando assim, o intervalo recomendado de 6 a 12 horas após o fim da concretagem. Nas obras em que não havia projeto (B, C e E) não existia uma especificação definida para o tempo de execução e profundidade do corte, porém as recomendações de corte também foram respeitadas em todas as obras.

Para as juntas de encontro da obra A foi utilizada a borracha como material isolante e na obra D o poliestireno expandido. O isolamento do piso com outras estruturas se mostrou ausente nas demais obras ocasionando um erro gravíssimo do ponto de vista estrutural, pois segundo Rodrigues et al. (2006, p. 82) “Esta é uma premissa que faz com que o piso trabalhe independente das outras estruturas existente.”. A figura 31 mostra a utilização de material isolante nas obras e na figura 32 é possível visualizar a utilização da borracha na obra A.

Figura 31 – Utilização de material isolante nas juntas de encontro



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 32 – Utilização de borracha como material isolante nas juntas de encontro



(fonte: foto do autor)

Um ponto positivo na análise das juntas foi o posicionamento das juntas serradas e de encontro, pois sempre resultou em um ângulo de encontro entre as juntas de 90°. Além disso, todas as juntas de construção e serradas terminavam em juntas de encontro conforme o recomendado pela literatura estudada.

5.5 RESUMO DOS RESULTADOS

O quadro 9 apresenta um quadro resumido do *check list* aplicado, este quadro indica a conformidade ou não do item para cada obra.

Quadro 9 – Resumo do *check list* aplicado

ITEM		OBRA				
		A	B	C	D	E
DADOS PRELIMINARES	Projeto	S	N	N	S	N
	Placa teste	S	N	N	N	N
	Engenheiro responsável	N	S	N	S	N
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	Condições do tempo	S	S	S	S	S
BARREIRA DE VAPOR	Cobertura com lona plástica	S	S	S	S	S
POSICIONAMENTO ARMADURAS	Cobrimento	S	S	S	S	N
	Uso de espaçador e consumo	NP	S	S	NP	N
FÔRMAS	Nível a laser	S	S	S	S	S
	Rigidez e elasticidade	S	NP	S	N	S
ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO	Consumo de cimento	S	N	N	S	N
	Traço do concreto	S	S	S	S	S
	Diâmetro máx. agregado graúdo	N	S	N	N	S
	Uso de aditivos	S	S	S	S	S
LANÇAMENTO DO CONCRETO	Tempo para descarga	S	N	N	N	S
	Uso de vibradores	S	S	S	S	S
	Slump Test	S	N	N	S	N
ACABAMENTO SUPERFICIAL	Equipamentos utilizados	S	N	N	S	N
	Tempo de execução	S	S	N	S	S
ANÁLISE DE JUNTAS	Juntas de construção	S	N	NP	S	NP
	Juntas serradas	S	S	S	NP	N
	Juntas de encontro	S	N	N	S	N
	Barras de transferência	S	S	S	NP	N

(fonte: elaborado pelo autor)

Onde:

S: de acordo

N: não de acordo

NP: Não projetado

6 CONCLUSÃO

Os pisos de concreto são definidos como elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito os esforços provenientes dos carregamentos. Indicado para uso em indústrias, armazéns e estradas, existe sobre eles uma intensa movimentação de carga e equipamentos.

A correta execução é fundamental para garantir o desempenho esperado, em virtude disto, cresce a importância de elaboração de projetos para pisos, ação essencial para garantir a qualidade exigida pelo usuário. Porém, com a pesquisa realizada, isso não foi verificado. O que foi visto é a falta de projeto e falta de acompanhamento da execução por profissionais especializados, tornando as práticas de execução muitas vezes inadequadas. Com um bom projeto em mãos, o executor tem a definição dos materiais necessários e quais os métodos construtivos recomendados, no entanto, a questão financeira conta de forma negativa na hora de optar pela elaboração de um projeto específico para cada piso.

Dentro dos itens abordados neste trabalho, alguns itens como, execução de placa teste, execução de *Slump Test*, a ausência das barras de transferência e a falta de equipamentos para acabamento, se mostraram muito preocupantes, pois os itens descritos como necessários, não foram observados. Estes itens são de fundamental importância para o desempenho da placa de concreto, e pelo que se pode observar algumas empresas executam pavimentos de concreto sem projeto e desconsiderando itens básicos como estes.

As operações de lançamento, acabamento e execução de juntas devem ser determinadas pelo projetista e têm que ser consideradas na elaboração do traço do concreto. Como na maioria dos pavimentos executados não ocorre à elaboração prévia de projeto e não há a presença do engenheiro responsável na obra, as decisões para execução do piso ficam sob responsabilidade do encarregado de obras, sendo que esta pessoa não tem o conhecimento técnico necessário para tomar qualquer decisão.

Sendo assim, foi possível notar neste trabalho de conclusão, que as empresas especializadas na execução agem muito de acordo com o cliente, ou seja, normalmente o custo gerado para executar um piso de qualidade acaba se tornando muito caro para o orçamento disponível,

então muitos procedimentos são deixados de lado, técnicas não são executadas e projetos não são elaborados. Não dar a devida atenção a estes pontos pode levar a diversos tipos de manifestações patológicas, entre elas o fissuramento, baixas resistências à abrasão, deslocamentos, desnivelamentos, empenamentos acima do esperado e excesso de formação de pó na superfície, além disso, falhas na execução podem ocasionar problemas que vão desde enormes danos estéticos até prejuízos financeiros, pois paralisam as atividades das empresas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 306R**: cold weather concreting, Farmington Hills, Michigan, 1988.

_____. **ACI 117**: standard tolerances for concrete construction and material. Farmington Hills, Michigan, 1990.

_____. **ACI 302.1R**: guide for concrete floor and slab construction. Farmington Hills, Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: aditivo para concreto de cimento portland. Rio de Janeiro, 1992

_____. **NBR NM 67**: concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 7211**: agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15805**: placa de concreto para piso – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

CHODOUNSKY, M. A. Fibras metálicas para reforço de concreto. **Revista Pisos Industriais**. São Paulo, n. 7, maio 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.pisosindustriais.com.br/materias/noticia.asp?ID=146>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos industriais de concreto**: aspectos teóricos e executivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

CRISTELLI, R., **Pavimentos industriais de concreto**: análise do sistema construtivo. 2010. 161 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/Monografia%20Rafael%20Cristelli.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2011.

DAFICO, D. A. Relação água/cimento. Não paginado. Disponível em: <<http://www.qualidadedoconcreto.com.br/RelacaoAguaCimento.htm>>. Acesso em: 30 set. 2011.

FIGUEIREDO, A. D., **Concreto com fibras de aço**. 2000. 69 f. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da universidade de São Paulo. São Paulo.

GASPARETTO, W. Pisos e pavimentos de concreto com uso de espaçadores. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 83, fev. 2004. Não paginado. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/pisos-e-pavimentos-de-concreto-com-uso-de-espacadores-79889-1.asp>>. Acesso em: 16 set. 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

PORTAL DO CONCRETO. Aditivos para concretos e argamassas. Não paginado. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/aditivo.html>>. Acesso em: 5 out. 2011.

RODRIGUES, P. P. F. **Pavimentos industriais de concreto armado: projeto e critérios executivos**. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 2006a.

_____. Piso industrial protendido. **Revista Pisos Industriais**. São Paulo, n. 5, nov. 2006b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.pisosindustriais.com.br/materias/noticia.asp?ID=103>>. Acesso em 24 fev. 2012.

_____. Pisos industriais: conceito e execução. **Concreto e Construções**, São Paulo, n. 45, p. 24-31, 2007. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Vol45/Revista%20Concreto%2045.pdf>. Acesso em: 4 out. 2011.

RODRIGUES, P. P. F; BOTACINI, S. M.; GASPARETTO, W. E. **Manual Gerdau de pisos industriais**. São Paulo: Pini, 2006.

RODRIGUES, P. P. F; GASPARETTO, W. E. Juntas em pisos de concreto. Não paginado. Disponível em: <http://www.lmbrasil.com.br/comentarios_tecnicos/juntas_industriais.html>. Acesso em: 10 nov. 2011.

SÁ, R. R.; ROCHA, D. P.; BRAGA, F. H. Pisos industriais de concreto. **Informativo técnico REALMIX**, Aparecida de Goiânia, ano 4, n. 3, p. 1-8, dez. 2009.

SEILER, H. P. Concreto para pisos industriais. **Boletim técnico ANAPRE**, n. 12, mar. 2009. Não paginado. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao12.asp>. Acesso em: 10 set. 2011.

SENEFONTE, K. B. B.; BARROS, M. M. S. B. Diretrizes de execução e controle da produção de pisos industriais de concreto protendido. **Revista Pisos Industriais**. São Paulo, n. 9, nov. 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.pisosindustriais.com.br/materias/noticia.asp?ID=166>>. Acesso em: 16 set. 2011.

SENISSE, J. A. L., **Influência do consumo de água, do teor de adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento no fenômeno da retração por secagem em concretos empregados em pisos**. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TOMASELLI, C. A. Juntas. **Revista Pisos Industriais**. São Paulo, n. 8, out. 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.pisosindustriais.com.br/materias/noticia.asp?ID=156>>. Acesso em: 4 set. 2011.

APÊNDICE A- Lista de verificação para pisos de concreto

LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA PISO DE CONCRETO

 DATA:
 ÁREA DO PISO:

 LOCAL:
 ESPESSURA DA PLACA:

 HORA:
 CARGA:

1	DADOS PRELIMINARES DA OBRA	
.1	Existe o acompanhamento de Técnico de segurança em tempo integral ou parcial?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.2	Existe o acompanhamento do Engenheiro Civil responsável em tempo integral ou parcial?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.3	Os funcionários estão usando EPI?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.4	Quantos funcionários compõem a equipe e como ela é formada?	
.5	Qual o tipo de piso?	<input type="checkbox"/> simples <input type="checkbox"/> armado <input type="checkbox"/> c/ fibras <input type="checkbox"/> protendido
.6	Existe um projeto e um plano de concretagem?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.7	Foi executada uma placa teste?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.8	Qual a utilização futura do piso?	
2	CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
.1	Qual a temperatura no local?	
.2	Quais são as condições do tempo?	<input type="checkbox"/> sol <input type="checkbox"/> nublado <input type="checkbox"/> chuva
.3	O piso está protegido das intempéries?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
3	BARREIRA DE VAPOR	
.1	A área está coberta com lona plástica?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.2	A lona plástica ultrapassa os limites das fôrmas?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
4	POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS	
.1	Qual o tipo de armadura utilizada?	<input type="checkbox"/> superior <input type="checkbox"/> inferior <input type="checkbox"/> inferior e superior
.2	Qual o tipo de tela utilizado?	<input type="checkbox"/> Q92 <input type="checkbox"/> Q138 <input type="checkbox"/> Q196 <input type="checkbox"/> Q283
.3	Qual o recobrimento da tela?	<input type="checkbox"/> ≤ 5cm <input type="checkbox"/> > 5cm
.4	Qual espaçador é usado?	<input type="checkbox"/> caranguejo <input type="checkbox"/> soldado <input type="checkbox"/> não é usado espaçador
.5	Se utilizado espaçador do tipo caranguejo, qual o consumo?	<input type="checkbox"/> < 1,25 peças/m ² <input type="checkbox"/> 1,25 peças/m ² <input type="checkbox"/> > 1,25 peças/m ²
.6	Se utilizado espaçador do tipo treliça soldada, qual a distância entre os espaçadores?	<input type="checkbox"/> < 60cm <input type="checkbox"/> < 70cm <input type="checkbox"/> < 80cm <input type="checkbox"/> < 100cm
5.	FÔRMAS	
.1	Foi utilizado nível a laser para posicionamento das fôrmas?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.2	Qual o material utilizado?	<input type="checkbox"/> madeira <input type="checkbox"/> aço
.3	As fôrmas estão posicionadas de acordo, garantindo rigidez e elasticidade?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
6.	ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO	
.1	Qual concreto utilizado?	<input type="checkbox"/> convencional <input type="checkbox"/> auto adensável
.2	Qual o traço do concreto e relação a/c?	

continua

continuação

.3	Quem definiu e aprovou o traço?	
.4	Qual o cimento utilizado?	<input type="checkbox"/> CP I <input type="checkbox"/> CP II <input type="checkbox"/> CP III <input type="checkbox"/> CP IV <input type="checkbox"/> CP V
.5	Qual o consumo de cimento?	
.6	Qual o agregado graúdo utilizado e suas porcentagens?	<input type="checkbox"/> brita 0 ___% <input type="checkbox"/> brita 1 ___% <input type="checkbox"/> brita 2 ___%
.7	Qual o diâmetro máximo do agregado graúdo?	<input type="checkbox"/> entre 1/4 e 1/5 da espes. <input type="checkbox"/> < 1/5 ou > 1/4 da espes.
.8	Qual o agregado miúdo utilizado e suas porcentagens?	<input type="checkbox"/> fina ___% <input type="checkbox"/> média fina ___% <input type="checkbox"/> média grossa ___% <input type="checkbox"/> grossa ___%
.9	Qual o teor de ar incorporado?	
.10	Qual o aditivo utilizado?	
.11	O aditivo foi adicionado ao concreto em obra?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.12	Qual o teor de aditivos?	
.13	Existe a presença de fibras no concreto e qual fibra está sendo utilizada?	<input type="checkbox"/> sintética <input type="checkbox"/> metálica <input type="checkbox"/> não é usada
.14	Qual o teor de fibras adicionado?	
.15	Qual a resistência à tração na flexão especificada?	
.16	Qual a resistência à compressão especificada?	
7. LANÇAMENTO DO CONCRETO		
.1	Qual o horário do início do lançamento do concreto	
.2	Qual o horário do fim do lançamento do concreto	
.3	Quantos caminhões foram necessários para efetuar a concretagem?	
.4	Quais os intervalos de tempo entre um caminhão e outro?	
.5	É realizado <i>Slump Test</i> no local	<input type="checkbox"/> sim, é realizado no local <input type="checkbox"/> somente na concreteira <input type="checkbox"/> não é realizado
.6	Qual o resultado do <i>Slump Test</i>	<input type="checkbox"/> < 70mm <input type="checkbox"/> 70 ≤ x ≤ 100 <input type="checkbox"/> > 100mm
.7	São utilizados vibradores, quantos?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> > 3 <input type="checkbox"/> não é utilizado
.8	Qual o diâmetro externo do vibrador	<input type="checkbox"/> ≤ 40mm <input type="checkbox"/> > 40mm
.9	Qual a frequência com que o vibrador opera?	<input type="checkbox"/> < 60Hz <input type="checkbox"/> ≥ 60Hz
8. ACABAMENTO SUPERFICIAL		
.1	Qual o horário do início do acabamento	
.2	Qual o horário do fim do acabamento	
.3	Quais são os equipamentos utilizados para realização do acabamento	<input type="checkbox"/> Régua Vibratória <input type="checkbox"/> Régua de alumínio <input type="checkbox"/> Bull float <input type="checkbox"/> Rodo de corte <input type="checkbox"/> Discão simples <input type="checkbox"/> Discão com acabadoras duplas
.4	Qual a sequência de equipamentos utilizada pela empresa	
9. ANÁLISE DE JUNTAS		
.1	Existem juntas de construção?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
.2	Existem juntas serradas?	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não

continua

continuação

.3	Existem juntas de encontro?	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
.4	São utilizadas barras de transferência nas juntas de construção e serrada?	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
.5	As barras de transferência estão metade engraxada?	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
.6	Qual o diâmetro das barras de transferência	<input type="checkbox"/> 16mm	<input type="checkbox"/> 20mm <input type="checkbox"/> 25mm <input type="checkbox"/> 32mm
.7	Qual o comprimento das barras de transferência?	<input type="checkbox"/> < 500mm	<input type="checkbox"/> 500mm <input type="checkbox"/> > 500mm
.8	Qual o espaçamento das barras de transferência nas juntas de encontro?	<input type="checkbox"/> < 300mm	<input type="checkbox"/> 300mm <input type="checkbox"/> > 300mm
.9	Qual o espaçamento das barras de transferência nas juntas serradas?	<input type="checkbox"/> < 300mm	<input type="checkbox"/> 300mm <input type="checkbox"/> > 300mm
.10	Nas juntas de encontro, existe o isolamento do piso com outras estruturas?	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
.11	Qual o material utilizado nas juntas de encontro para isolamento		
.12	Qual a espessura do material utilizado para isolamento	<input type="checkbox"/> <5mm	<input type="checkbox"/> $5 \leq x \leq 20$ mm <input type="checkbox"/> >20mm
.13	Qual o tempo para realização do corte nas juntas serradas?	<input type="checkbox"/> < 6h	<input type="checkbox"/> $6 \leq x \leq 12$ h <input type="checkbox"/> > 12h
.14	Qual o ângulo de encontro entre as juntas?	<input type="checkbox"/> 90°	<input type="checkbox"/> $\neq 90^\circ$
.15	As juntas de construção e serradas terminam nas juntas de encontro	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

10. OBSERVAÇÕES GERAIS

APÊNDICE B – Carta de participação



Prezado Sr. (a)

Venho por meio desta solicitar sua colaboração para realização de uma pesquisa sobre pisos de concreto. A pesquisa é composta por uma lista de verificação, elaborada para pisos de concreto, para verificar a sequência de procedimentos executivos adotadas pela empresa. Esta servirá para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Lucas Mantovani pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradeço deste já e conto com sua colaboração.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ALUNO: LUCAS MANTOVANI
ORIENTADORA: ANA PAULA KIRCHHEIM
COORIENTADORA: JULIANA ALVES SENISSE