



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Centro de Tecnologia e Geociências

Curso de Engenharia Civil

MAYARA ARAUJO MODESTO

MARIANO MODESTO FERRAZ

**ANÁLISE DE PROCESSO EXECUTIVO DE PLACAS DE CONCRETO
PARA PISOS INDUSTRIAIS**

RECIFE
2014

MAYARA ARAUJO MODESTO
MARIANO MODESTO FERRAZ

ANÁLISE DE PROCESSO EXECUTIVO DE PLACAS DE CONCRETO
PARA PISOS INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Pernambuco

Orientador: Prof. Maurício Pina

Recife
2014

Catálogo na fonte
Bibliotecário Vinário Carvalho da Silva, CRB-4 / 1204

- M691a Modesto, Mayara Araújo.
Análise de processo executivo de placas de concreto para pisos industriais. / Mayara Araújo Modesto, Mariano Modesto Ferraz. - Recife: Os Autores, 2014.
xi, 88 folhas, il., foto., color., gráfs., tabs.

Orientador: Prof^o. Mauricio Pina.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia Civil, 2014.
Inclui Bibliografia, anexos, listas de tabelas e de ilustrações.

1. Engenharia Civil. 2. Piso industrial. 3. Fundação. 4. Placa rígida. I. Ferraz, Mariano Modesto. II. Pina, Mauricio (orientador). III. Título.

624 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2014-065

MAYARA ARAUJO MODESTO
MARIANO MODESTO FERRAZ

ANÁLISE DE PROCESSO EXECUTIVO DE PLACAS DE CONCRETO
PARA PISOS INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Pernambuco

Recife
2014

RESUMO

Neste trabalho foram descritas as etapas básicas necessárias para a execução de pisos industriais na ordem (subleito, sub-base, barreira de vapor, placa rígida) que devem ser executadas, desde a preparação da fundação até a entrega ao cliente. Fez-se um levantamento bibliográfico apresentando as principais características da execução, principais materiais, desde seu recebimento até aplicação. Além disso, são referenciados os equipamentos básicos utilizados durante o processo. Palavras-chave: execução, piso industrial, placa rígida.

ABSTRACT

In this work all the steps necessary for the implementation of industrial floors in order (subgrade, sub-base, vapor barrier, rigid board) that must be performed, since the preparation of the foundation to the finishing was described. There was a literature presenting the main features of the implementation, main materials from receipt to your application. Moreover, they are referenced basic equipment used during the process. Keywords: application, industrial floor, rigid plate.

Lista de Ilustração

Figura 1: Realização de ensaio de Proctor Normal.	15
Figura 2: Curva de compactação com seus principais elementos (ramo seco, ramo úmido, e umidade ótima).	16
Figura 3: Detalhe do subleito juntamente com a sub-base.	17
Figura 4: Detalhe da camada de vapor.	18
Figura 5: Aparência da superfície do concreto quando ocorre exsudação.	19
Figura 6: Exemplos de espaçadores: A - pastilhas argamassadas, B - espaçadores plásticos, C - espaçadores soldados.	22
Figura 7: Modelos de barras de transferência.	23
Figura 8: Cura úmida do piso, com manta geotêxtil.	25
Figura 9: Detalhes de uma junta de Isolação ou expansão.	27
Figura 10: Detalhe de uma junta de construção feita com barras de transferência.	28
Figura 11: Detalhe de uma junta serrada.	28
Figura 12: Instrumentação do ensaio de Speedy, realizado para definir a umidade do solo.	32
Figura 13: Subleito concluído, logo após compactação com rolo liso.	34
Figura 14: Ensaio de Proctor modificado em execução.	36
Figura 15: Moto niveladora espalhando e nivelando material (BGS).	37
Figura 16: Levantamento altimétrico da sub-base.	38
Figura 17: Posicionamento da barreira de vapor.	39
Figura 18: Rolo de lona plástica para camada vapor.	40
Figura 19: Posicionamento da camada de vapor, realizada em toda a área que será concretada.	40
Figura 20: Detalhe mostrando que foi colocada lona dupla.	41
Figura 21: Fixação de fôrmas com ponteiros de aço.	42
Figura 22: Fixação de fôrmas com concreto, devendo ser realizado com um dia de antecedência para o concreto curar.	43
Figura 23: Armadura inferior em detalhe.	44
Figura 24: Equipe de execução de piso realizando posicionamento da armadura de depois que seu posicionamento foi locado topograficamente.	44
Figura 25: Amadura dupla de contorno de pilar, com tela eletrossoldada.	45
Figura 26: Exemplo de armadura dupla, com tela eletrossoldada, e espaçadores soldados.	45
Figura 27: Detalhe da barra de transferência posicionado sobre treliça.	47
Figura 28: Posicionamento das barras de transferência, regiões onde serão realizadas juntas serradas.	47
Figura 29: Posicionamento de barras de transferência, região das juntas de concretagem para dar trabalhabilidade a uma placa em relação a outra, um lado fica engraxado e o outro fica fixo. O espaçamento entre elas é marcado na própria fôrma.	48
Figura 30: Lançamento de concreto realizado diretamente do caminhão, com a utilização da terceira calha (bica).	49
Figura 31: Lançamento de concreto com bomba lança.	49
Figura 32: Moldagem de corpos-de-prova, cilíndricos e prismáticos.	52
Figura 33: Aparelho que envia o sinal, com a função de nivelar piso.	54

Figura 34: Detalhes das duas antenas receptoras de laser da Laser Screed.....	55
Figura 35: Rodo de corte e régua de alumínio em detalhes.	56
Figura 36: Cura úmida com manta geotêxtil.	59
Figura 37: cura química sendo executada manualmente.	59
Figura 38: Pranchas de poliuretano expandido (EPS).	61
Figura 39: Uso de EPS onde para preparação de juntas de isolamento.	61
Figura 40: Conjunto fôrma +barra de transferência.	62
Figura 41: Aplicação de Selante monocomponente para selagem de juntas.	64
Figura 42- fluxograma referente as atividades básicas para execução de pisos industriais.....	66
Figura 43- Fluxograma referente aos ensaios e controles básicos realizados durante a execução do piso industrial.	67
Figura 44- Fluxograma referente aos equipamentos básicos necessários para a execução de pisos industriais.	68
Figura 45: Alinhamento correto de juntas.	74
Figura 46: Detalhes geométricos de juntas.....	75
Figura 47: Junta de construção terminando em um junta serrada, gerando uma trinca.....	76
Figura 48: Encontro de junta serrada e junta de construção, gerando fissura.....	76

Lista de Ilustrações Anexo A

(A)Figura 1: Motoniveladora.	79
(A) Figura 2: Trator de Pneus com grade de discos.....	79
(A) Figura 3: Caminhão pipa com distribuidor de água.....	80
(A) Figura 4: A rolo compactador liso, B rolo compactador pé-de-carneiro,.....	80
(A)Figura 5: Compactador de mão, tipo "sapinho".....	81
(A) Figura 6: Caçamba.	81
(A)Figura 7: Caminhão betoniera com três bicas e capacidade de 8m ³	82
(A)Figura 8: Laser Screed em operação.....	82
(A)Figura 9: Vibrador de Imersão.....	83
(A)Figura 10: A esquerda régua vibratória treliçada, a direita régua vibratório não treliçada.....	83
(A) Figura 11: Máquina policorte executando uma junta serrada.....	83

Lista de Tabelas

Tabela 1: Modelo de planilha com controle de recebimento de concreto.	84
Tabela 2: Modelo de planilha preenchida com controle de lançamento e acabamento de concreto por placa.....	85
Tabela 3: Valores de locação de máquinas.....	86

Sumário

1.	Introdução	12
2.	Objetivos	13
2.1.	Objetivos Gerais	13
2.2.	Objetivos Específicos.....	13
3.	Desenvolvimento	14
3.1.	Revisão Bibliográfica	14
3.1.1.	Execução da fundação do piso	15
3.1.1.1.	Subleito.....	15
3.1.1.2.	Sub-base	16
3.1.3.	Placa rígida	19
3.1.3.1.	Assentamento de formas	20
3.1.3.2.	Posicionamento da armação.....	21
3.1.3.3.	Concretagem	23
3.1.3.4.	Acabamento superficial.....	24
3.1.3.5.	Cura	24
3.1.3.6.	Corte de juntas	26
3.1.3.7.	Juntas de isolamento ou expansão	26
3.1.3.8.	Juntas de construção.....	27
3.1.3.9.	Junta serrada	28
3.1.3.10.	Selagem de juntas	29
3.2.	Materiais e métodos	30
3.2.1.	Subleito.....	30
3.2.2.	Sub-base	35
3.2.3.	Isolamento da placa com a sub-base	39
3.2.4.	Execução da placa	41
3.2.4.1.	Etapas pré-concretagem	41
3.2.4.1.1.	Assentamento de fôrmas.....	41
3.2.4.1.2.	Posicionamento da Armação	43
3.2.4.2.	Concretagem	48
3.2.4.2.1.	Lançamento e espalhamento.....	48
3.2.4.2.2.	Adensamento e nivelamento do concreto.....	53
3.2.4.3.	Etapas pós concretagem	56
3.2.4.3.1.	Acabamento Superficial	56

3.2.4.3.2. Cura do concreto.....	57
3.2.4.3.3. Corte das juntas	60
Juntas de isolação ou expansão	60
Junta de construção	62
Junta serrada ou de controle	62
3.2.4.3.4. Selantes para juntas	63
4. Resultados	64
5. Discussões	68
5.1. Cuidados com o concreto para execução da placa rígida	69
5.2. Patologias advindas de uma cura mal executada	72
6. Conclusão	77
Bibliografia	78
Anexo A	79
Anexo B	84

1. Introdução

A crescente implantação de projetos industriais de grande porte tem forçado o desenvolvimento de novas tecnologias na construção industrial de pisos. Todavia, o avanço das necessidades dos clientes na maioria das vezes não é acompanhado pelo desenvolvimento do conhecimento dos profissionais que atuam no setor sobre as soluções disponíveis. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Atualmente existem vários tipos de piso como: pisos de concreto simples, pisos de concreto simples com armadura descontínua de retração, pisos de concreto estruturalmente armado, pisos de concreto reforçado com fibras de aço e pisos de concreto protendido. A escolha de qual tipo de piso será usado ficará a critério de vários fatores, como custo, mão-de-obra, máquinas e materiais disponíveis no local, tipo de carregamento (cargas móveis e estáticas), dentre outros. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

O presente trabalho descreve a execução dos mesmos, mas não separadamente, pois o processo executivo de pisos industriais não tem diferenças significativas quando se utiliza diferentes soluções estruturais.

O desempenho do piso industrial, tanto sob aspecto estrutural como estético, depende de variáveis diversas, tornando fundamental a adoção de procedimentos padronizados e a realização de efetivo controle de qualidade de todo processo produtivo do piso, de maneira a garantir tanto desempenho quanto a vida útil pretendida.

A experiência de obras tem mostrado que as patologias em pisos se concentram basicamente na preparação, execução e nos materiais, sendo mais raros os problemas estruturais.

Com isso, esse projeto visa buscar e reunir o conhecimento disponível em algumas literaturas, baseadas na experiência profissional dos autores em casos reais de obras sobre todo o processo de execução de placas rígidas e tudo que deve estar realizado na obra para receber a placa, no intuito de minimizar a incidência de patologias em pisos

2. Objetivos

2.1. Objetivos Gerais

O trabalho tem como objetivo abordar de forma técnica os métodos construtivos de pisos industriais não deixando de mencionar seus pré-requisitos e pós-requisitos, visto que é nesta fase onde se concentram as principais causas de patologias em pisos.

2.2. Objetivos Específicos

Descrever todos os elementos básicos constituintes de um piso industrial na ordem de execução.

Descrever o método construtivo de cada elemento constituinte de pisos industriais.

Abordar os principais materiais necessários para execução de pisos industriais desde o seu recebimento e estocagem até sua aplicação

Listar os equipamentos necessários para a produção do piso à medida que forem necessários durante a descrição do método construtivo.

3. Desenvolvimento

3.1. Revisão Bibliográfica

Na prática, a execução de um piso de concreto envolve uma série cada vez mais extensa de etapas e procedimentos. À medida que os requisitos de desempenho aumentam, a complexidade de execução do piso também aumenta. Esta está compreendida na exigência de que os procedimentos corriqueiros (colocação de formas, lançamento, acabamento, cura e serragem de juntas), sejam efetuados com a devida intensidade, precisão e eficácia e na sequência correta.

As patologias mais comumente observadas sinalizam que a concretagem deve ser objeto de intenso controle executivo, precedido de treinamento dos operários que vão executá-la. É recomendável que seja feito preliminarmente um pequeno trecho experimental (placa teste), que poderá ser utilizado também como padrão de qualidade.

A concretagem do piso reveste-se de especial interesse em virtude da influência marcante no seu desempenho final, pois a ela podem ser associadas diversas patologias como as baixas resistências à abrasão, fissuras de natureza plástica, delaminações, texturas incorretas, baixos níveis de planicidade e nivelamento, absorção elevada entre outros. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007; FIRME RODRIGUES, 2010)

Costuma-se dividir a execução do piso industrial em duas etapas: a primeira refere-se ao preparo da fundação, com as operações de compactação do subleito e da sub-base. A segunda refere-se à execução da placa de concreto, com as tradicionais tarefas de colocação de formas, lançamento, acabamento, cura e serragem de juntas. (RODRIGUES, 2010)

Apesar de o trabalho ser focado na execução da placa de concreto, será abordada a etapa anterior a concretagem da placa, pois embora seja de suma importância, vem sendo muitas vezes negligenciada e é onde são observados os maiores desvios de qualidade e a confusão de conceitos de técnicas executivas e de propriedades dos materiais.

3.1.1. Execução da fundação do piso

A fundação do piso é constituída pelo preparo do subleito e da sub-base, seguido pelo eventual isolamento desta com a placa de concreto. De nada adianta uma placa de concreto bem executada, se essas operações preliminares forem relevadas a um nível inferior de qualidade. (RODRIGUES & BOTACINI & GASPARETTO, 2006)

3.1.1.1. Subleito

O preparo do subleito consiste garantir a compactação exigida em projeto, que varia entre 95% a 100% da energia do ensaio de Proctor normal, com a umidade ótima exigida, existindo alguns tipos de solo que podem ser compactados em energia mais elevada, melhorando o seu desempenho final. A figura 1 mostra o ensaio de Proctor normal.



Figura 1: Realização de ensaio de Proctor Normal.

Por esse ensaio chega-se a conclusão de que há uma umidade ótima, para compactar o solo, para cada energia de compactação (peso do rolo compressor e número de passadas por camada). A essa umidade corresponderá a uma densidade máxima do solo atingida pela sua compactação. (NETO, Jary de Xerez, 2013)

Para garantir uma boa compactação ela pode ser controlada e, para isso, é necessário o conhecimento e a curva de compactação do solo, que irá fornecer a densidade aparente seca máxima e a umidade ótima. A figura 2 representa uma

curva de compactação com seus principais elementos (ramo seco, ramo úmido, umidade ótima).

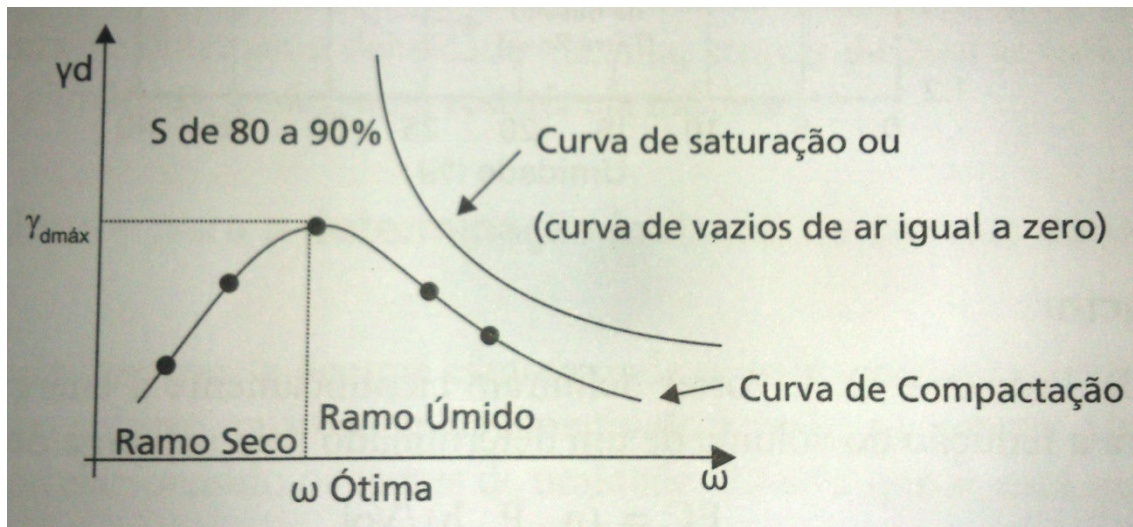


Figura 2: Curva de compactação com seus principais elementos (ramo seco, ramo úmido, e umidade ótima).

Cuidados especiais, tanto na execução como no controle, devem ser tomados nas regiões onde a compactação foi executada com equipamentos pequenos, como bases de pilares, muros de docas, canaletas e outras interferências existentes, pois essas áreas tem o acesso de máquinas usadas na compactação limitado. Deve-se evitar o emprego de materiais diferentes no reaterro dessas áreas. (RODRIGUES & BOTACINI & GASPARETTO, 2006)

3.1.1.2. Sub-base

A Camada de sub-base é a que se localiza logo após o subleito. Essa camada apresenta importante papel na estrutura do pavimento, pois ela que recebe as cargas da placa, amortece e transfere ao subleito.

Por ter a importante função de resistir às cargas do pavimento e transferi-las, é realizada com material ensaiado em laboratório, tendo-se melhores controles de ocorrência de expansibilidade, resistência e capilaridade. A figura 3 a seguir esquematiza o subleito juntamente com a sub-base.



Figura 3: Detalhe do subleito juntamente com a sub-base.

A sub-base apresenta como principais funções:

- Homogeneização: o uso de materiais ensaiados em laboratório, com seu respectivo controle de granulometria e demais ensaios como: Limite de Liquidez (LL), Índice de Plasticidade (IP), Sanidade, etc., e com sistema de compactação adequado, assegura a presença de um material mais estável perante as intempéries e mais rígido sob ações de carregamento, por se ter, com a homogeneização, uma maior uniformização do coeficiente de recalque ao longo do maciço. (NETO, Jary de Xerez, 2013)
- Camada de bloqueio: quando executado com material granular, este impede a subida de água por capilaridade, que ascende através dos microporos existentes no solo. (NETO, Jary de Xerez, 2013)
- Drenagem: a existência de material granular impede o acúmulo de água sob o pavimento o que poderia danificar a própria estrutura do pavimento. (NETO, Jary de Xerez, 2013)
- Alívio de tensões sob camadas inferiores: os solos apresentam Módulo de Resiliência entre 50 MPa e 80 MPa, os concretos na ordem de 3000 MPa e as sub-bases granulares entre 300 MPa e 500 MPa. Com isso verifica-se uma transição de valores de módulos da camada superior a camada inferior, com a camada de sub-base localizada na zona intermediária. (NETO, Jary de Xerez, 2013)

3.1.2. Barreira de vapor

A barreira de vapor é o limite que define o início da placa rígida. É também conhecida como camada deslizante. É constituída de lona plástica (polietileno de baixa densidade) com espessura média de 90 micra a 115 micra, colocada em toda área a ser concretada, com isso garante-se a hidratação do cimento, evitando a perda de água de amassamento para sub-base. (TECHNE, Ed 197,2013)

A seguir, a figura 4 mostra sub-base e camada de vapor.



Figura 4: Detalhe da camada de vapor.

Esse isolamento tem basicamente duas funções: reduzir o coeficiente de atrito entre a placa de concreto e a sub-base e formar uma barreira de vapor impedindo ascensão da umidade retida na sub-base, sendo esta condição importante quando forem empregados revestimentos sensíveis à umidade.

Quanto à primeira função, reduzir o atrito, há situações em que é mais interessante suprimir o isolamento, pois ele acaba contribuindo para aumentar o empenamento da placa de concreto, já que sua região inferior não perde umidade, ao contrário da

superfície que perde água e retrai, ocorrendo o empenamento. Em algumas situações, normalmente em áreas externas do sistema viário, o filme plástico pode ser substituído por imprimação betuminosa. (RODRIGUES & BOTACINI & GASPARETTO, 2006)

Embora a barreira de vapor tenha o objetivo de evitar a perda de água de amassamento para a sub-base, deve-se ter cuidado com o aumento da quantidade de água de exsudação que aparece na superfície do piso, aumentando o tempo de espera para o acabamento final.

Isso acontece porque, com a presença da barreira de vapor, não há perda de água para a sub-base, logo, essa água terá que sair pela superfície superior da placa, aumentando assim a exsudação. A figura 5 mostra a aparência da superfície de concreto quando ocorre exsudação.



Figura 5: Aparência da superfície do concreto quando ocorre exsudação.

A questão do aumento da exsudação tem sido uma das razões de estudo sobre a necessidade da barreira de vapor no pavimento. Atualmente ela é usada para delimitar quaisquer placas rígidas, seja se pisos industriais, pavimentos rígidos, pisos comerciais, etc..

3.1.3. Placa rígida

Na prática, a execução de um piso de concreto envolve uma série cada vez mais extensa de etapas e procedimentos. À medida que os requisitos de desempenho aumentam, sejam eles com relação ao aspecto estético, funcional ou de durabilidade, a complexidade da execução do piso aumenta. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

O processo de execução da placa rígida pode ser dividido em 3 etapas:

- Etapas pré-concretagem: assentamento de forma, aplicação da armação;
- Concretagem: lançamento, espalhamento, adensamento, nivelamento;
- Etapas pós-concretagem: acabamento superficial, cura, corte de juntas e selagem de juntas.

Todas essas etapas devem ser bem executadas para se garantir um bom produto final. A seguir serão descritas a função de cada uma separadamente.

3.1.3.1. Assentamento de formas

A função básica das fôrmas é de contenção lateral do concreto lançado ou delimitação do término de jornadas de trabalho, podendo ainda servir de suporte para o equipamento utilizado para adensamento e nivelamento do concreto. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

A altura da fôrma precisa ser ligeiramente menor do que a espessura do piso para facilitar o seu assentamento e fixação sem que haja necessidade de se cavar a sub-base para acertos finos, e deve possuir os seguintes requisitos técnicos:

- ter linearidade superior a 3 mm em 5 m;
- ser rígida o suficiente para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto;
- ser estruturada para suportar os equipamentos de adensamento do tipo régua vibratória quando estas são empregadas;

- deve ser leve para permitir o manuseio sem o emprego de equipamentos pesados e prática para que a montagem seja rápida e simples;
- a furação para colocação das barras de transferência deve ter diâmetro que permita a remoção da fôrma com facilidade, cuja tolerância de colocação é ± 25 mm no plano horizontal e $\pm 12,5$ mm, no vertical. (RODRIGUES, BOTACINI & GASPARETTO, 2006)

Todos esses requisitos devem ser seguidos, pois é a forma que vai delimitar a placa, ou seja, definir suas dimensões finais. Em se tratando de placas rígidas, a dimensão não deve ser alterada, pois é um dos critérios usados no seu dimensionamento.

3.1.3.2. Posicionamento da armação

Outra etapa da pré-concretagem da placa é o posicionamento da armação. Nem sempre os pisos rígidos são armados, às vezes possuem apenas barras de transferência. Nos casos de pisos sujeitos a cargas ultrapesada, geralmente se faz o uso de concreto armado, seja ele protendido ou não.

Deve-se atentar ao posicionamento de todas as armaduras, respeitando as especificações dos projetistas e das condições executivas. É importante considerar que não são recomendadas algumas práticas e soluções de obra, tais como:

- Posicionar armadura e posteriormente tentar puxá-la;
- Lançar o concreto até a cota da armadura, lançar a armadura e completar o lançamento do concreto;
- Concretar toda espessura e depois tentar empurrar a armadura para a posição adequada;
- Supressão de espaçadores, eliminando o cobrimento.

Estas práticas têm se mostrado inadequadas, pois não garantem o posicionamento correto e tão pouco são factíveis em alguns casos.

A não observância do adequado cobrimento representa fator comprometedor da vida útil das estruturas, sendo esta reduzida significativamente. Para que o cobrimento seja respeitado não basta a especificação em projeto; é necessária ainda a utilização de espaçadores adequados. Dentro das alternativas mais utilizadas estão as pastilhas argamassadas, espaçadores plásticos e espaçadores soldados (ver figura 6).

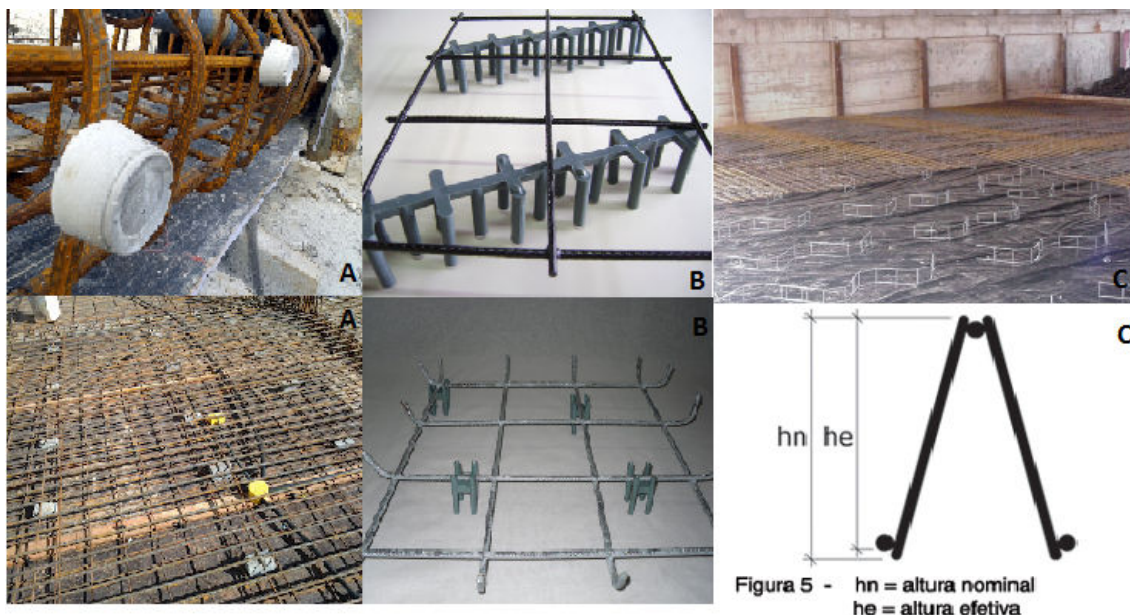


Figura 6: Exemplos de espaçadores: A - pastilhas argamassadas, B - espaçadores plásticos, C - espaçadores soldados.

Os de argamassa, produzidos na obra, geralmente não possuem qualidade suficiente e normalmente se rompem ao passar de equipamentos e andar de operários, além de ser necessário longo espaço de tempo para o preparo de milhares de espaçadores. Já os espaçadores plásticos e os espaçadores soldados contribuem decisivamente para a garantia de posicionamento das armaduras e estão disponíveis no mercado em grande escala.

Para decidir pelo tipo de espaçador, o profissional deverá levar em consideração o tipo de apoio (brita, brita graduada, solo, concreto, etc.), o diâmetro do fio ou barra e o cobrimento especificado no projeto.

Além de armadura em si, há também as barras de transferência (ver figura 7), que são dispositivos de transferência de carga vertical e restrição ao empenamento que permitem a movimentação horizontal entre placas de concreto. Devem ser preparadas em aço liso, sejam em CA 25 ou barras mecânicas, retilíneas, isentas de rebarbas nas extremidades. A figura 7 trás imagens de barras de transferência.

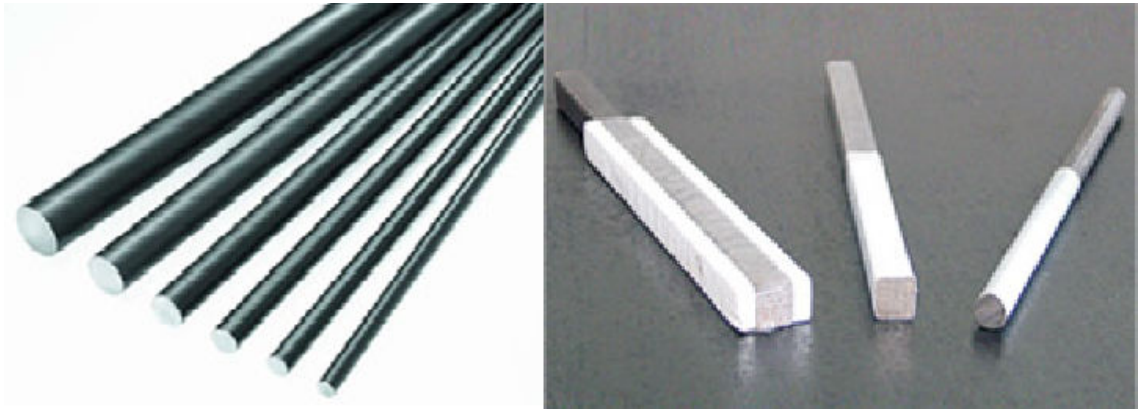


Figura 7: Modelos de barras de transferência.

O emprego de barras de transferência produzidas industrialmente é recomendado por possuírem padrão de produção adequado para as necessidades dos pisos ou pavimentos de concreto.

3.1.3.3. Concretagem

A concretagem da placa abrange, pela ordem, as etapas de lançamento, espalhamento, adensamento e nivelamento do concreto. Trata-se de uma seqüência de suma importância para garantir a resistência do concreto endurecido.

O objetivo dessas etapas é preencher todos os espaços delimitados pela forma (lançamento e espalhamento), eliminar o excesso de ar preso no concreto através de vibradores, obtendo-se a máxima densidade possível (adensamento) e nivelar a superfície, deixando a placa o mais plana possível e no nível desejado (nivelamento).

É na concretagem que se recebe e verifica o concreto, que geralmente é dosado fora da obra. Nesse momento são feitos controles de qualidade e quantidade, para atestar que a empresa fornecedora de concreto atendeu ao traço exigido em projeto e também na quantidade solicitada pela obra.

3.1.3.4. Acabamento superficial

As operações de acabamento do concreto têm por finalidade proporcionar uma superfície densa com consistência mecânica, e textura superficial adequada a futuras utilizações do piso. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

A superfície deve garantir a facilidade de limpeza, o escoamento de líquidos, a movimentação de cargas, o deslocamento de equipamentos, a resistência à abrasão e durabilidade que atenda as necessidades dos usuários.

3.1.3.5. Cura

A cura do concreto visa impedir a perda de água de amassamento pela superfície exposta do concreto. Isso possibilita a hidratação completa e uniforme do cimento, reduzindo patologias como: empenamento, fissuras e baixa resistência à abrasão.

O desempenho mecânico do concreto é fortemente influenciado pelas condições de cura do concreto, principalmente durante as baixas idades, período de maior susceptibilidade do concreto aos efeitos de retração autógena, por secagem hidráulica.

A cura do concreto poderá ser úmida ou química.

O tempo de duração da cura úmida depende de vários fatores como relação água/cimento, tipo de cimento utilizado no concreto, geometria da peça e condições locais de temperatura, vento e umidade relativa do ar.

Caso seja úmida, tem se mostrado como forma que melhor possibilita a continuidade dos trabalhos sobre a placa a cura com mantas geotêxteis ou equivalente. A figura 8 mostra uma imagem de manta aplicada na placa.



Figura 8: Cura úmida do piso, com manta geotêxtil.

A outra maneira é a cura química que, através da aplicação de compostos (resinas ou ceras) formadores de membranas, impedem ou reduzem a perda de água do concreto. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

Esse método apresenta como principais vantagens:

- Eliminação de fiscalização contínua como acontece com a cura úmida;
- Permite a aplicação da cura no concreto ainda plástico, reduzindo os efeitos da retração plástica; (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

Todavia às vezes esse método deixa de ser empregado devido, muitas vezes a dificuldade de encontrar tais produtos no mercado, e também prejudicar a aderência de revestimento. Caso seja aplicado revestimento no piso, o produto da cura deverá ser removido antes da execução do revestimento.

3.1.3.6. Corte de juntas

As juntas são elementos construtivos que permitem a movimentação das placas no plano do piso e são capazes de transferir esforços entre as placas.

Possuem como objetivos definir o final da faixa de concretagem, induzir fissuras de retração para que sigam em linha reta e possibilitar a ligação entre pequenos segmentos de placa.

Os principais tipo são:

- Juntas de isolação ou expansão;
- Juntas de construção;
- Juntas serradas ou de controle;

3.1.3.7. Juntas de isolação ou expansão

As juntas de isolação são as que permitem que as placas se movimentem suavemente na vertical e na horizontal. Elas permitem essa movimentação da placa porque separam a placa dos demais elementos estruturais como paredes e pilares e permitem que a placa trabalhe independentemente das outras estruturas existentes. A figura 9 retrada uma junta de expansão.

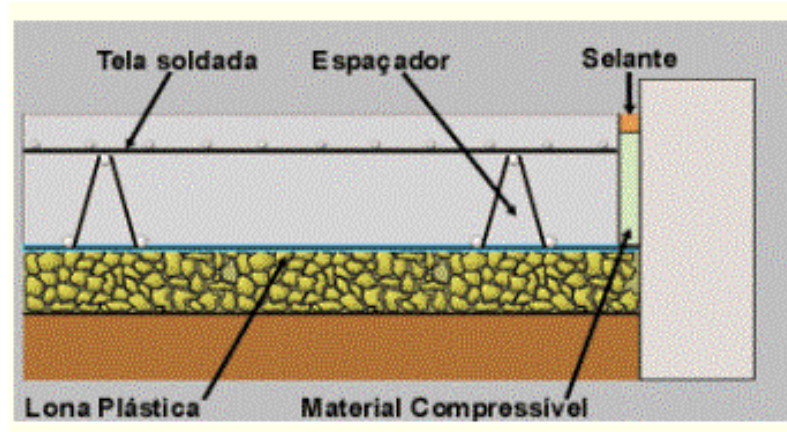


Figura 9: Detalhes de uma junta de Isolação ou expansão.

3.1.3.8. Juntas de construção

São as juntas construtivas de um pavimento, sendo que o seu espaçamento está limitado pelo tipo de equipamento utilizado, geometria da área e aos índices de planicidade a serem obtidos, ou seja, elas delimitam a largura da placa.

As juntas de construção devem possuir mecanismos de transferência de carga entre as placas. Esses mecanismos podem ser os do tipo macho e fêmea e o do tipo barra de transferência. Atualmente as barras de transferência tem se mostrado mais eficientes e práticas na hora da execução, além de ter maior capacidade de transferência que as do tipo macho e fêmea.

A figura 10 apresenta uma seção típica de uma junta de construção com uso de barras de transferência. É importante destacar o posicionamento das barras de transferência e da tela soldada.

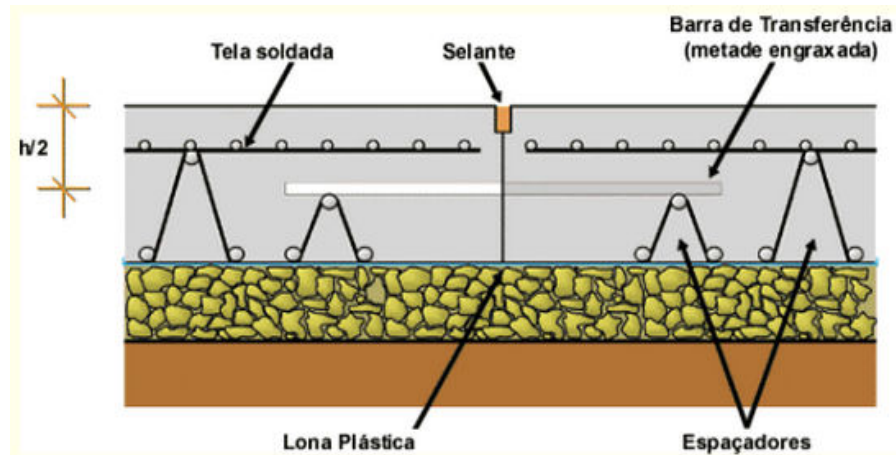


Figura 10: Detalhe de uma junta de construção feita com barras de transferência.

3.1.3.9. Junta serrada

São as juntas que permitem que o concreto das placas se retraia sem fissuras, pois cria uma secção mais fraca e induz a fissura a acontecer na junta, ou seja, no alinhamento desejado, por isso são conhecidas como juntas de retração. Elas ficam transversalmente a placa, ou seja, perpendiculares às juntas longitudinais. A figura 11 representa uma junta serrada.

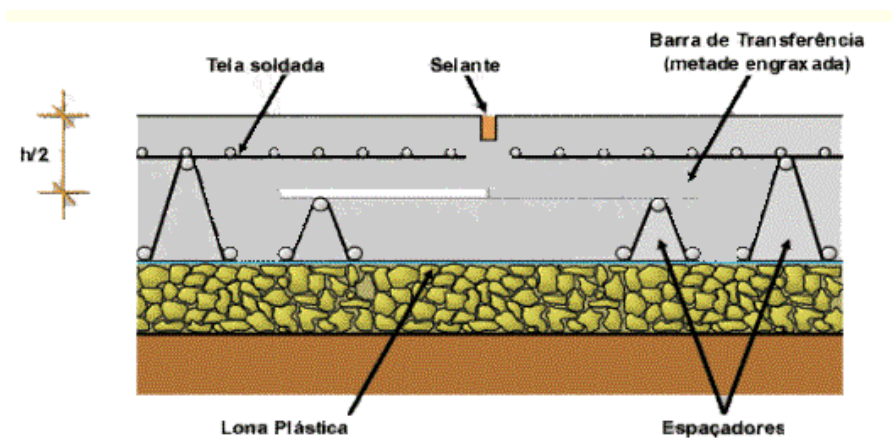


Figura 11: Detalhe de uma junta serrada.

3.1.3.10. Selagem de juntas

Após a execução das juntas, segue a selagem das mesmas. Trata-se de garantir as estanqueidade nas condições estabelecidas de utilização, apresentando duração compatível com o projeto.

Atualmente no mercado há vários tipos de selantes. Dividem-se em duas grandes famílias: os moldados in loco: como os de silicone e de poliuretano; e os pré-moldados que podem ser os de epóxi semirrígido e selantes de poliuréia, os quais serão determinados pelos esforços solicitantes do piso. Por isso além da função de vedar a junta entre dois substratos, o selante deve apresentar dureza suficiente para resistir ao tipo de tráfego a que o piso estará sujeito.

Dentre muitas propriedades que os selantes devem apresentar, pode-se citar como mais importante as seguintes:

Capacidade de movimentação: é medida pelo alongamento máximo em relação a sua largura inicial que o selante pode suportar sem que haja seu deslocamento ou ruptura (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Aderência: trata-se de uma característica importante, em especial, nos casos de estruturas sujeitas a uma grande variação dimensional. A capacidade de ficar bem aderida ao concreto garante a junta a capacidade de trabalhar e o selante continuar íntegro. Para casos de selantes que tenham baixa aderência, como os selantes semirrígidos, para que a junta se mantenha íntegra, deve-se aumentar a profundidade total do corte para que haja uma superfície de contato maior entre o selante e o concreto. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Durabilidade: dentre os efeitos que a ação de intempéries pode causar, pode-se citar: fissuração, enrijecimento e deslocamento. Para evitar alguns desses efeitos, os selantes devem ser resistentes aos agentes agressivos (ácidos, produtos oleosos, detergentes. etc.) que poderão existir na utilização do piso. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Os pré-moldados, geralmente de neoprene, devem ser usados em situações particulares, pois caso haja emprego de empilhadeiras de rodas rígidas, exigem a confecção de lábios poliméricos. Por esse motivo, acabam tendo pouca utilização em áreas industriais.

A preferência acaba sendo pelos moldados in loco, geralmente constituídos por poliuretano ou asfalto modificado, mono ou bi-componentes, havendo também a família dos silicones.

Entretanto, quando estão previstos tráfego de veículos de rodas rígidas, notadamente as de pequeno diâmetro, os únicos selantes capazes de apresentar adequado suporte as tensões geradas nas bordas da junta são os polisulfetos, uretanos e epóxi bi-componente.

3.2. Materiais e métodos

3.2.1. Subleito

Os materiais utilizados na preparação do subleito serão o próprio material existente in locu, contanto que atenda as condições mínimas de resistência exigidas em projeto.

Por exemplo, se durante a preparação do subleito, detecta-se a presença de solos inservíveis (orgânico ou turfoso), este será substituído por material adequado em conformidade com o projeto. São em etapas como essa que a qualidade final do subleito ganha a diferenciação. A fiscalização rigorosa por pessoal qualificado garantirá um resultado final satisfatório.

Segundo especificações de projeto, muitas vezes o material destorroado deve atender a diâmetros mínimos. Um exemplo muito comum é a peneira nº 4, que, caso haja material que fica retido na mesma, será este descartado. Detalhes como esse devem vir especificados nos projetos.

O processo a ser adotado para a execução de cortes no terreno dependerá da natureza do solo, sua topografia, dimensões e volume de material a remover ou aterrar, visando-se sempre o máximo de rendimento e economia. Uma otimização do processo depende de visita ao local, análise do material existente e das condições de execução.

Os cortes são feitos com motoniveladora (ver figura 1 no anexo A), e os aterros a serem executados têm como especificação valores entre 15 cm e 20 cm, além disso, devem ser executados segundo especificações de terraplenagem.

A camada superficial do subleito deverá ser escarificada e destorroada com uso de motoniveladora com escarificador (ver figura 1 no anexo A) ou trator de pneus com grade de discos (ver figura 2 no anexo A) numa profundidade entre 15 cm e 20 cm até que o solo apresente pelo menos 60% do total em peso.

Essa etapa é feita também para que haja a análise das condições de umidade do material resultante (que é realizada através do ensaio de Speedy visto na figura 12), pois estes serão pontos determinantes para um bom grau de compactação e, caso estejam em desacordo com o projetado, poderão variar a capacidade de suporte do subleito. Podem-se haver três opções:

- 1- Caso o teor de umidade do material destorroado seja superior em 2% ao teor de umidade ótimo, determinado pelo ensaio de compactação executado de acordo com Ensaio Normal de Compactação de Solos (ME-7/92 da SIURB/PMSP) deverá ser feita a aeração com grade de disco e por fim esperar que o clima do local se encarregue de reduzir a umidade do material.
- 2- Se o teor de umidade do solo destorroado for inferior em mais de 2% ao teor ótimo de umidade acima referido, será procedida a irrigação com caminhão pipa distribuidor de água (ver figura 3 do anexo A) até alcançar o valor estabelecido em projeto. Após a irrigação deverá ser executada a homogeneização do material com grade de disco, a fim de garantir uniformidade de umidade.

- 3- Por fim, depois de realizado os ensaios necessários, o material pode estar na faixa de umidade ótima exigida em projeto. Nesse caso, prossegue-se para a etapa seguinte.



Figura 12: Instrumentação do ensaio de Speedy, realizado para definir a umidade do solo.

Analizadas as condições do material do subleito, dá-se início à compactação. Essa etapa será executada com motoniveladora e rolos compactadores (ver figura 4 no anexo A). Além disso, a motoniveladora é usada para regularização da camada. Esta geralmente possui valor menor ou igual a 30 cm de material fofo para resultar entre 15 cm a 20 cm de espessura de camada após a compactação.

Recomenda-se o uso de rolo compactador tipo pé-de-carneiro (ver figura 4 no anexo A), estático ou vibratório, quando o solo tiver características argilosas. No caso de solos siltsos e arenosos recomenda-se o uso de rolo pneumático e/ou vibratório.

Deve-se buscar a maior homogeneidade de espessura da camada possível, pois, caso haja desníveis, as suas correções por adição de material produzirão lamelas,

medida que apesar de atingir o nível requerido, não atende nas questões de resistência e aderência.

À medida que a camada avança, os ensaios de compactação e umidade (Proctor normal e Speed) também vão sendo realizados. O distanciamento entre cada ensaio, geralmente está especificado em projeto. Recomenda-se 1 ensaio a cada 1000 m³ de material compactado. (NETO, Jary Xerez, 2013)

Caso haja dúvidas a respeito do tipo de ensaio, distanciamento e parâmetros que devem ser atendidos, o site do Departamento Nacional de infraestrutura de Transporte-DNIT (www.dnit.gov.br) fornece várias normas técnicas a respeito do tema dentre outros.

Cada camada deve receber ensaios de compactação e umidade. Caso o grau de compactação não atinja o valor especificado em projeto, deverá ser recompactado, com escarificação e correção da umidade se necessário.

Após aprovação nos ensaios e finalização da camadas do subleito, a ultima camada deve ter sua superfície escarificada em no máximo 5 cm, se for compactada com rolo liso, para recepção da próxima camada. Caso tenha sido compactada com rolo pé-de-carneiro em que a compactação é feita até que ele não consiga mais imprimir marcas com mais de 5 cm de profundidade, as marcas deixadas já servirão de ponte de ligação com a próxima camada. (NETO, Jary Xerez, 2013)

Em locais de difícil acesso como contorno de pilares, muros de doca, onde as máquinas de grande porte não possuem acesso, a compactação deverá proceder manualmente com compactadores de mão tipo "sapinho" (ver figura 5 no anexo A).

Para que a camada seguinte (sub-base) inicie é imprescindível que o subleito esteja concluído de acordo com as especificações técnicas. Problemas na execução de subleito são cada vez mais comuns e geram enormes prejuízos.

A figura 13 a seguir mostra o subleito depois de concluído e verificados todos os ensaios.



Figura 13: Subleito concluído, logo após compactação com rolo liso.

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução do subleito:

- a) Motoniveladora com escarificador;
- b) Caminhão tanque (pipa) distribuidor de água;
- c) Rolos compactadores (tipo pé-de-carneiro, liso vibratório ou pneumático);
- d) Trator de pneus com grade de discos;
- e) Sapinho;
- f) Outros equipamentos, a critério da fiscalização, poderão ser utilizados.

O valor de locação aproximada de algumas dessas máquinas usadas na execução do subleito, estão no anexo B tabela 3.

3.2.2. Sub-base

A execução da sub-base é um pouco menos crítica, pois se trata geralmente de material preparado de acordo com norma específica, compactado na espessura definida em projeto e com comportamento previsível. Cabe lembrar que a espessura sempre deve ser referida à camada compactada e, para materiais granulares, é conveniente o emprego da energia modificada no ensaio de compactação de Proctor, ou seja, ensaio Proctor Modificado. (RODRIGUES & BOTACINI & GASPARETTO, 2006)

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução da sub-base:

- a) Motoniveladora com escarificador;
- b) Caminhão tanque (pipa) distribuidor de água;
- c) Rolos compactadores tipo: liso vibratório ou pneumático;
- d) Trator de pneus com grade de discos;
- e) Sapinho;
- f) Outros equipamentos, a critério da fiscalização, poderão ser utilizados.

Ver tabela 3 Anexo B valores de algumas máquinas que serão usadas na execução da sub-base.

O tipo e a espessura da camada de sub-base são definidos de acordo com a capacidade de suporte do subleito e o carregamento do piso. Podem ser utilizadas camadas de brita, sub-base granular, solo-cimento, brita graduada simples – BGS,, brita graduada tratada com cimento - BGTC, concreto compactado com rolo-CCR, bica corrida, solo-cal ou solo melhorado com cimento. (TECHNE, Ed 197,2013).

Todavia, a escolha do material dependerá de muitos parâmetros como custo, disponibilidade de material e máquinas no local, mão de obra, dentre outros.

A sub-base mais usada geralmente é a de BGS. Ela compreende camada de brita compactada, com distribuição granulométrica definida, composta por agregados de todas as faixas granulométricas. Enquadram-se entre os materiais estabilizados granulometricamente ou mecanicamente. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

A brita graduada (ou material equivalente) deverá ser compactada a 100% do Proctor Modificado (ver figura 13).



Figura 14: Ensaio de Proctor modificado em execução.

A sub-base deverá ter, após a compactação, espessura variando de 12 cm a 30 cm, espessura essa que dependerá das especificações de projeto, material utilizado na execução e capacidade de suporte de subleito. Depois de especificado a espessura, deve-se prever uma espessura maior do material solto de modo a garantir a espessura mínima especificada da camada compactada.

A execução da sub-base se dá através de caçambas (ver figura 6 no anexo A) que são responsáveis pela entrega do material que comporá a sub-base. Depois de descarregado, com material já cubado e conferido o volume pelo almoxarifado da obra, a motoniveladora espalhará e nivelará o material.

Uma vez espalhado e nivelado, o material terá sua umidade conferida através do ensaio de Speedy Moisture Test, por exemplo. Caso a umidade não esteja na faixa indicada em projeto (umidade ótima $\pm 2\%$) poderão ocorrer três situações, cada uma com sua respectiva solução:

- Umidade com valor abaixo da ótima: Significa que o material está muito seco e deverá ser umidificado. Essa reparação é feita com caminhão-pipa.
- No caso da umidade do material estar com um valor acima do especificado em projeto, ou seja, umidade elevada usa-se um trator de pneus com grade de discos para escarificar a sub-base e espera-se secar com a ajudar do vento.
- Em caso de umidade dentro da faixa indicada em projeto, dá-se prosseguimento a compactação.

Depois de feitas as correções necessárias da umidade inicia-se o processo de compactação que pode ser realizado com rolo liso, por exemplo.

A seguir, a figura 15, mostra o espalhamento e nivelamento da camada com a motoniveladora.



Figura 15: Moto niveladora espalhando e nivelando material (BGS).

Inicia-se a compactação da camada de sub-base, e assim como o subleito, a camada deve ser ensaiada para confirmação de que os parâmetros de compactação e umidade sejam atendidos. Além disso, com a auxílio da topografia, a camada tem seu nível conferido ao longo de toda sua extensão para que a homogeneidade da espessura seja garantida.

Caso seja necessário algum corte para regularização da espessura, ele é feito com motoniveladora e após o corte, passa-se a mais uma vez o rolo compactador para recompactar danos que o corte possa ter causado na camada.

Assim como no subleito, em locais de difícil acesso como contorno de pilares, muros de doca, onde as máquinas de grande porte não possuem acesso, a compactação deverá proceder manualmente com compactadores de mão tipo "sapinho" (ver figura 5 no anexo A).

Após a execução da sub-base são realizados os ensaios de compactação e umidade dos tipo Prontor Modificado (ver figura 14) e Speedy Moisture Test (ver figura 12). Caso o grau de compactação não atinja o valor especificado ($\geq 100\%$ do Proctor Modificado), a camada deverá ser recompactada, com escarificação e correção de umidade caso seja necessário.

A cota final de sub-base deverá estar em conformidade com a cota final de projeto. Essa cota deve corresponder a de execução do piso, para assim não influenciar na espessura da placa.

Para que isso seja garantido, deve-se realizar um levantamento altimétrico em malha de 10 m x 10 m, por exemplo, onde é verificado o nível nos vértices do quadrado. Ao final, realizam-se cortes e aterros, se necessários.

A figura 16 a seguir mostra levantamento altimétrico da sub-base.



Figura 16: Levantamento altimétrico da sub-base.

3.2.3. Isolamento da placa com a sub-base

Após a execução da sub-base, dá-se início ao posicionamento da camada de vapor (ver figura 17). Trata-se de uma etapa simples, mas que merece atenção na sua execução, pois estará intimamente ligada a camada posterior, que é a própria placa de concreto. Essa camada é também conhecida como barreira de vapor, e separa a placa da sub-base.

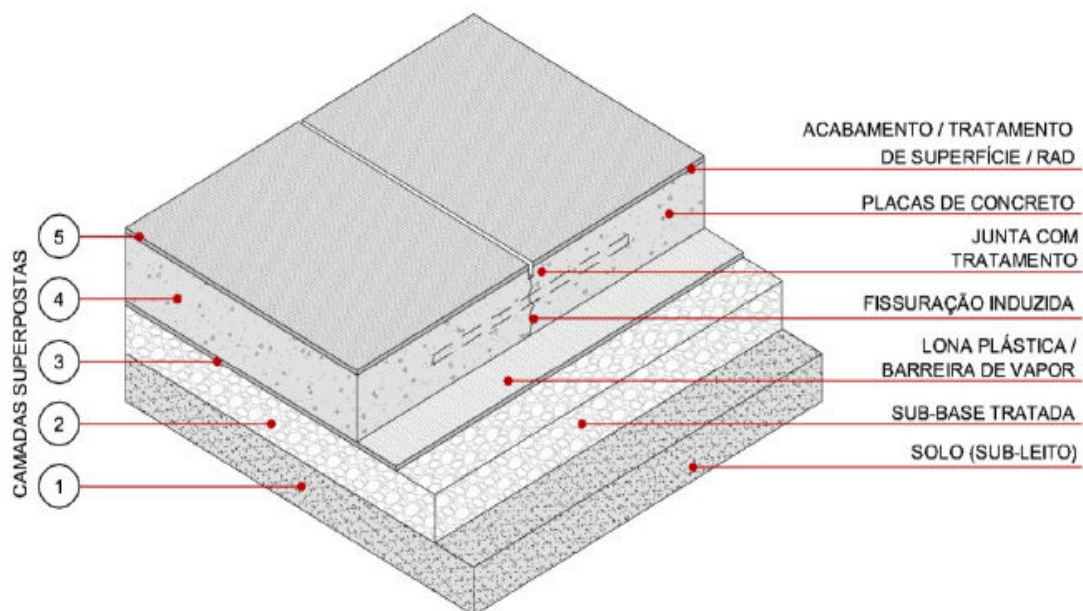


Figura 17: Posicionamento da barreira de vapor.

A sua execução é feita após a finalização da sub-base. Estende-se uma lona plástica dupla que é fabricada a base de polietileno de baixa densidade. Geralmente é vendida em rolas e 4x100m. (ver figura 18).



Figura 18: Rolo de lona plástica para camada vapor.

A lona deve ser estendida em toda a sub-base, qualquer local que vá receber concreto deve estar coberto pela lona. É importante que ela seja dupla, pois assim garante estanqueidade, caso alguma se rasgue durante a concretagem e, além disso, permite que a placa retraia, pois não possui o atrito da sub-base.

As figuras 19 e 20 mostram respectivamente a camada de vapor sendo executada em campo e a verificação de que ela é dupla.



Figura 19: Posicionamento da camada de vapor, realizada em toda a área que será concretada.



Figura 20: Detalhe mostrando que foi colocada lona dupla.

3.2.4. Execução da placa

A execução da placa rígida segue uma ordem de etapas que se subdivide em etapas pré-concretagem, a concretagem e as etapas pós concretagem. A seguir será descrito o processo executivo de cada etapa.

3.2.4.1. Etapas pré-concretagem

Subdivide-se em:

- Assentamento de forma;
- Posicionamento da armação.

3.2.4.1.1. Assentamento de fôrmas

O assentamento das fôrmas deve ser feito com auxílio de nível laser para os pisos convencionais, ou nível óptico no caso de pisos com elevada exigência de

nivelamento ($FL > 30$ ou 35). Depois de assentadas e fixadas as fôrmas, deve-se realizar a conferência das cotas da sub-base, devendo-se corrigi-la em todos os pontos que não estejam em conformidade com as tolerâncias descritas no projeto. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

As formas de pisos geralmente são fornecidas prontas e pela própria empresa que executa a concretagem. Na maioria dos casos é feita em aço, pois resiste melhor aos esforços causados pelo peso do concreto durante a concretagem. E possui alto índice de reaproveitamento podendo ser reutilizadas por muito mais vezes que as formas de madeira.

As fôrmas devem preferencialmente ser fixadas com ponteiros de aço (ver figura 21) ou com concreto (ver figura 22) com distâncias regulares não maiores que 1,5m, de forma que não haja deslocamento ou deformações durante a concretagem da placa.



Figura 21: Fixação de fôrmas com ponteiros de aço.



Figura 22: Fixação de fôrmas com concreto, devendo ser realizado com um dia de antecedência para o concreto curar.

Ao sinal de qualquer movimentação o processo deverá ser interrompido, para que sejam feitas as correções necessárias. Esses procedimentos são imprescindíveis para um bom índice de nivelamento e alinhamento do piso

3.2.4.1.2. Posicionamento da Armação

Nos pisos, as armaduras podem desempenhar diversos papéis, desde controle de retração como fazer parte do sistema estrutural da placa rígida. Independente de qual seja sua função, deve ser realizada com devida atenção e executar controles de qualidade.

Os principais itens as serem conferidos na armação:

- Se a quantidade e espaçamento dos ferros estão conforme o projeto e;
- Se o cobrimento solicitado em projeto está sendo realizado através de espaçadores, etapa em muitos casos negligenciada.

No caso dos pisos e pavimentos estruturalmente armados, a armadura inferior (ver figura 23) tem fundamental importância na capacidade estrutural. A tendência natural, neste caso, é de que a armadura fique muito próxima da face inferior da placa de concreto, posicionamento este condenável.

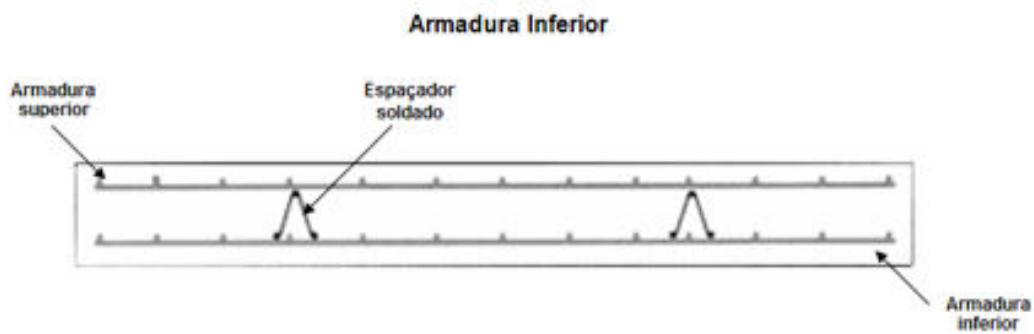


Figura 23: Armadura inferior em detalhe.

Esta armadura deve ser posicionada entre 20 e 40 mm (cobrimento) da face inferior conforme especificado em projeto, e isto pode ser garantido com o uso de espaçadores. Além disso, a camada de sub-base estará oferecendo importante contribuição à proteção da armadura.

Sendo responsável também pelo controle de retração nos pisos armados, a armadura superior deve ter seu posicionamento controlado e verificado durante todo o processo de concretagem, principalmente naqueles em que o slump do concreto for reduzido e ainda nos casos de grandes espessuras.

O posicionamento destas armaduras (ver figura 24) não deve variar mais do que 10 mm do seu posicionamento especificado em projeto. Com ajuda de trenas ou topografia, o posicionamento da armação pode ser executado e conferido.



Figura 24: Equipe de execução de piso realizando posicionamento da armadura de depois que seu posicionamento foi locado topograficamente.

Cuidado especial deverá ser tomado na região de emendas para o caso de uso das telas eletrossoldadas, defasando, quando possível, as emendas dos painéis.

Quando o projeto do piso prevê a utilização de armadura dupla (ver figura 25), normalmente com a utilização de tela eletrossoldada, o posicionamento pode se dar, normalmente por uso de espaçadores soldados entre elas. Essa solução tem sido muito utilizada desde o fim da década de 90 e consiste em distribuir linhas ou colunas de espaçadores soldados, afastados aproximadamente 80 cm uma das outras. (Jefferson Bomfim dos Reis, 2009)



Figura 25: Amadura dupla de contorno de pilar, com tela eletrossoldada.



Figura 26: Exemplo de armadura dupla, com tela eletrossoldada, e espaçadores soldados.

Dentro de suas principais características, vantagens e benefícios, estão:

- Disponibilidade nas obras, principalmente na proximidade dos grandes centros urbanos;
- Baixo custo;
- Não requer mão-de-obra para preparar os espaçadores;
- Disponível em diversas alturas;
- Altura é reduzida com a presença de armadura inferior;
- Consome 1 metro a cada $0,8/m^2$, ou seja, 1,25 m de espaçadores por m^2 ;
- Possuem alta estabilidade, permitindo pouca ou nenhuma amarração com arame recozido;
- Alta produtividade para posicionamento da armadura.

Atualmente não há dúvidas, sob o ponto de vista executivo e de garantia da qualidade do piso, que a utilização dos espaçadores soldados traz uma grande contribuição para a obtenção dos parâmetros almejados.

Outra importante etapa é o posicionamento das barras de transferência. Elas devem estar de acordo com o que foi especificado em projeto. Após o seu posicionamento, elas devem ter a aplicação de graxa ou óleo lubrificante em metade de seu comprimento adicionado de 5 cm e a outra metade protegida contra oxidação. A figura 27 mostra esquema de barras de transferência posicionada sobre treliças.

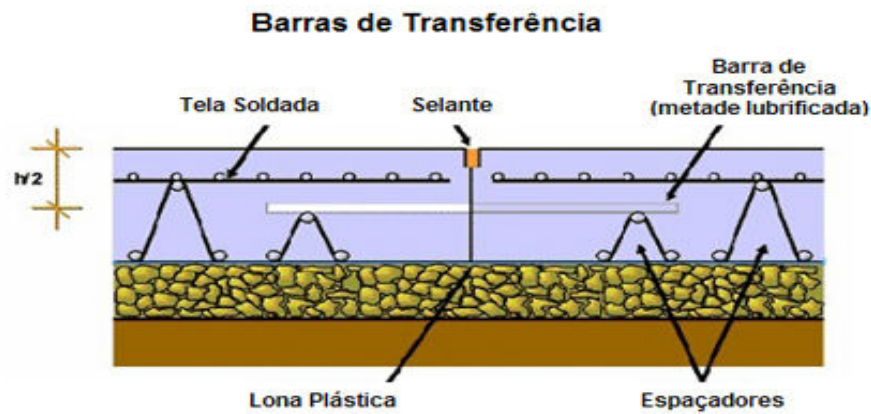


Figura 27: Detalhe da barra de transferência posicionado sobre treliça.

Na utilização, as barras devem ser posicionadas paralelamente uma das outras mantendo um distanciamento e comprimento (ver figura 28 e 29), conforme especificado em projeto, e a tolerância deve ser de 25 mm. Para que não ocorram deficiências localizadas de transferência de carga em relação ao plano horizontal, as barras devem estar no plano médio, com tolerância de 7 mm (ACI, 1990).



Figura 28: Posicionamento das barras de transferência, regiões onde serão realizados juntas serradas.



Figura 29: Posicionamento de barras de transferência, região das juntas de concretagem para dar trabalhabilidade a uma placa em relação a outra, um lado fica engraxado e o outro fica fixo. O espaçamento entre elas é marcado na própria fôrma.

3.2.4.2. Concretagem

Essa etapa é a própria execução da placa rígida. É composta por um conjunto de atividades que ocorrem em ordem cronológica e junta garantem o bom desempenho da placa.

Subdivide-se em:

- Lançamento e espalhamento do concreto;
- Adensamento e nivelamento do concreto

3.2.4.2.1. Lançamento e espalhamento

O lançamento do concreto pode ser realizado diretamente do caminhão betoneira (ver figura 30) ou com auxílio de bombas (ver figura 31), dependendo das condições de acesso, tipo de concreto e do tipo de armação do piso. (CHOUDOUNSKY & VIECILI,2007)



Figura 30: Lançamento de concreto realizado diretamente do caminhão, com a utilização da terceira calha (bica).



Figura 31: Lançamento de concreto com bomba lança.

O período máximo entre a mistura do concreto, a partir da adição da água e o lançamento deverá ser de 90 minutos, pois a experiência tem mostrado que quando

o tempo de lançamento supera em muito os 90 minutos, há um registro maior de problemas durante o acabamento superficial, devido à demora, podendo o concreto chegar à cura. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

O lançamento do concreto deve ser feito de modo a reduzir o trabalho de espalhamento, com isso diminuindo a segregação de seus componentes. Para minimizar problemas desse tipo ele deve ser realizado cuidando-se para diminuir a altura de descarga, exigindo-se sempre o emprego da terceira calha (bica) do caminhão, além de realizar a descarga com o balão em rotação máxima. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

Além disso, para evitar juntas frias e superfície heterogênia, o fornecimento de concreto deve ser contínuo, devendo-se sempre ser programada a concretagem com antecedência com a concreteira, e de preferência ser escolhido uma concreteira com central de concreto com capacidade de produção de concreto de pelo menos 30m³/h.

Todavia se ocorrer o intervalo longo no lançamento, é recomendada a interrupção da concretagem e execução de uma junta de construção, cuja posição deve coincidir com uma junta transversal (junta de retração) indicada no projeto. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

Podem ser indicados os seguintes tipos de máquinas e equipamentos para realizar o lançamento e espalhamento do concreto:

- a) Caminhão betoneira com 3 bicas; (ver figura 7 no anexo A);
- b) Laser Screed ou régua vibratória treliçada ou não; (ver figura 8 no anexo A);
- c) Vibradores de imersão; (ver figura 9 no anexo A)

Depois de programado com antecedência na concreteira e com a equipe que realizará o piso, e tomando algumas precauções já citadas acima, pode-se dar início a concretagem.

Após iniciar a liberação dos carros de concreto, estes devem ser monitorados com a hora de saída da concreteira e a hora de chegada à obra. Geralmente usam-se como ferramentas de controle planilhas que além de registrar a hora de saída e chegada do caminhão betoneira, marcarão o início e término de lançamento, especificações do caminhão como número da betoneira e placa do veículo, e especificações do concreto transportado como volume, FCK, traço, slump e ar incorporado. (ver tabela 1 no anexo B)

Antes de se iniciar o lançamento de concreto, há um técnico especializado em concreto, para aferir slump (este deverá estar conforme projeto), que é uma medida da trabalhabilidade do concreto. Ele realizará também ensaio de ar incorporado, que é uma medida de densidade do concreto, quanto menor o teor de ar incorporado maior a densidade e com isso o concreto terá uma melhor resistência, e por fim moldar corpos de prova com o concreto de cada betoneira que chegar.

Os corpos de prova moldados são prismáticos (ver figura 32) e atestarão a resistência do concreto a tração na flexão. Serão moldado também corpos-de-prova cilíndricos (ver figura 32), que servirão para atestar a resistência característica do concreto a compressão (f_{ck}). Ambos os tipos de corpos de prova poderão ser rompidos em diferentes datas.

A escolha das datas fica a critério a obra (poderá ser com 3, 7, 21, 28, etc.), todavia, dentre elas, é obrigatório o rompimento aos 28 dias de idade e nessa idade deverá se obter como valor mínimo a resistência especificada no projeto do piso.



Figura 32: Moldagem de corpos-de-prova, cilíndricos e prismáticos.

É importante também que sejam moldados dois corpos de prova para cada data de rompimento. Eles devem ser identificados com o número da betoneira, fck notificado do concreto, data de moldagem.

Todo esse controle é executado juntamente com o mapeamento do concreto, que se trata da atividade de demarcar a área aproximada onde o concreto de uma respectiva betoneira foi lançado.

Caso algum resultado de rompimento de corpo de prova dê abaixo do especificado para o piso, será com o mapeamento que esse concreto será localizado e posteriormente se tomará as devidas reparações.

Depois de realizados todo o procedimento de recebimento do concreto, dá-se início ao lançamento do concreto, que poderá ser convencional, com descarga direta na pista ou com bomba estacionária ou lança.

A placa que será concretada deverá ser protegida da incidência direta do sol e vento, e preferencialmente concretada em dias de menor temperatura. Isso reduzirá

uma retração acentuada nessa área e com isso causará menos fissuras na placa, caso não haja como evitar esse problema, programar a concretagem obrigatoriamente após as 16 horas, quando a incidência solar já está bastante reduzida.

Concluído o lançamento, inicia-se o espalhamento do concreto, e com equipamentos modernos como as Laser Screed (ver figura 8 Anexo A) ou régua vibratória treliçada ou não (ver figura 10 Anexo A), que além espalhar já vibra, adensando e nivela o concreto, deixando a placa pronta para receber o acabamento superficial.

Os vibradores de imersão (ver figura 9 no anexo A) são usados juntamente com esses equipamento, nas áreas próximo de muros, docas e pilares onde os equipamentos de grande porte não chegam.

3.2.4.2.2. Adensamento e nivelamento do concreto

A finalidade básica do adensamento é obter a máxima densidade do concreto e garantir uma elevada resistência mecânica. Deve ser realizado preferencialmente por vibração superficial (régua vibratória manual ou treliçada), exigindo-se, entretanto, o emprego de vibradores de imersão sempre que a vibração superficial se mostrar insuficiente, como próximo às fôrmas, ou quando a espessura do piso for maior que 15 ou 18 cm. (adaptado. CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

O nivelamento do concreto consiste na retirada do excesso de concreto da superfície, de modo a deixar a superfície com o nível desejado.

Para as operações de espalhamento, adensamento e nivelamento do concreto pode-se empregar equipamento denominado Laser Screed, que realiza todas essas tarefas simultaneamente. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

A Laser Screed é uma máquina de apenas um operador, já treinado para operá-la. Ela possui uma régua vibratória de concreto capaz de deixar o seu adensamento o mais uniforme possível. O nivelamento é feito através de receptores de “laser”

acoplados na própria máquina. O nivelamento é realizado com precisão satisfatória e, além disso, com maior velocidade de execução. A figura 33 e 34 a seguir mostram o detalhe da Laser Screed, como o aparelho que envia os sinais que nivelam o piso, e as duas antenas receptoras de laser que estão na máquina.



Figura 33: Aparelho que envia o sinal, com a função de nivelar piso.



Figura 34: Detalhes das duas antenas receptoras de laser da Laser Screed.

Se o piso for nivelado com uma régua vibratória, é necessário o uso de uma equipe de topografia, para fazer uma malha de piquetes de aproximadamente 4mx4 m, em que o nível é marcado com ajuda de nível óptico. Nesse método a probabilidade de erros é maior, por isso é indicado para áreas menores ou onde, máquinas de grande porte, como a Laser Screed não possuem acesso.

A régua treliçada usa como base do nível as fôrmas, não necessita de equipe de topografia, mas está limitada pela sua pequena dimensão que é de 4,50 m. Todavia, podem ter sua largura aumentada, chegando a quase 30,0 m. Apresenta como empecilho a possibilidade de haver flexão do equipamento, o que poderá comprometer a qualidade do nivelamento.

A verificação da regularidade altimétrica, longitudinal e transversal da superfície, deve ser feita ainda quando o concreto estiver no estado plástico, com auxílio da

régua de alumínio ou com um equipamento denominado rodo de corte (ver figura 35).

Qualquer depressão encontrada deverá ser imediatamente preenchida com concreto fresco, rasada, compactada e devidamente acabada, e qualquer saliência cortada e igualmente acabada.



Figura 35: Rodo de corte e régua de alumínio em detalhes.

3.2.4.3. Etapas pós concretagem

As etapas pós-concretagem finalizam a execução da placa. Depois delas, o piso já está pronto para ser entregue a cliente.

São as seguinte:

- Acabamento superficial;
- Cura do concreto;
- Corte de juntas;
- Selagem de juntas.

3.2.4.3.1. Acabamento Superficial

Para aumentar a resistência à abrasão, deverá ser adotado sistema misto de endurecedor cimentício. Esse endurecedor de ser usado umedecido, pois se for lançado seco na placa pode ocasionar deslocamento da superfície devido a bolhas.

O endurecedor cimentício é composto de agregados minerais de elevada dureza e cimento, e poderá ser aplicado a uma taxa de 2,5 kg/m². (conforme recomendações da embalagem)

A execução de acabamento superficial também poderá se dar com endurecedor químico e deve ser iniciada logo após o concreto, já nivelado apresentar resistência capaz de suportar o peso das máquinas. É lançado, geralmente, de forma manual, o que pode não garantir uniformidade da taxa de aplicação de 2,5 kg/m².

Após o endurecedor químico ser lançado, é iniciado o polimento com máquinas de discos. Nos limites das placas, e regiões de acesso mais difícil, usa-se uma máquina de um disco só e menor. Para áreas maiores usa-se a máquina de dois discos as quais possuem ponteiros na sua parte frontal que ficam lançando um líquido chamado cure, que serve para aumentar ainda mais a resistência superficial, e auxiliar no polimento.

Após a cura do concreto, ainda será feito outro tratamento superficial, onde será usado um endurecedor químico a base de fluorsilicato ou equivalente, que será aplicado 14 dias depois da execução do piso, isso fará que o piso tenha uma alta resistência superficial.

No caso de ser aplicado apenas o endurecedor cimentício recomenda-se adotar a taxa mínima de execução para 4,5 kg/m², isso ocorrerá caso esteja prevista a aplicação de pintura/revestimento resinado (epóxi, uretano, etc.), com isso não é indicado empregar endurecedor químico.

3.2.4.3.2. Cura do concreto

A cura é uma etapa imprescindível em qualquer concretagem. No caso de placas rígidas, não é diferente. Atualmente há várias opções de cura a se realizar, dentre elas a cura úmida, mais tradicional, e a cura química.

Após o acabamento superficial, já pode ser dado início a cura do concreto. Em caso de cura úmida pode ser feita de três formas:

- Represamento: emprega-se geralmente argamassa no contorno na placa para literalmente represar água sobre a placa. Esse sistema tem se mostrado eficiente no controle de perda de água e também no controle de temperatura, pois forma uma película espessa de água.
- Vedação com lona: com lona de polietileno estendida sobre toda a placa, faz-se a aspersão de água entre a placa e a lona. Em áreas sujeitas à ação do vento, deve-se fixar a lona na placa com fitas adesivas ou pesos, pois elas podem ser facilmente levadas pelo vento;
- Mantas geotêxteis: promove-se a manutenção do piso saturado com água. Estende-se a manta por toda a superfície da placa e com a ajuda de caminhões pipa ou mangueiras, molha-se a superfície da placa. A manta garantirá que o piso fique saturado de água.

A cura úmida é feita, geralmente, pelo período de 7 dias.

Em caso de cura úmida com manta geotêxtil (ver figura 36), é importante que sempre haja fiscalização atestando que a manta está molhada e também no lugar certo, já que o trânsito de pessoas e equipamento sob a placa acaba tirando a manta do local.



Figura 36: Cura úmida com manta geotêxtil.

Há também a cura química. Assim com na cura úmida, a aplicação deverá ser iniciada após o término das operações de acabamento superficial. Em obras industriais, o produto de cura é aplicado manualmente com o auxílio de bombas de baixa pressão. É importante de a aplicação seja o mais uniforme possível em toda a extensão da placa. A figura 37 mostra a realização de cura química com bombas de baixa pressão.



Figura 37: cura química sendo executada manualmente.

3.2.4.3.3. Corte das juntas

O corte das juntas de retração é executado normalmente, por equipamentos convencionais de corte após o período de 4h a 12h após o término das operações. O tempo correto para o corte é determinado em função das características do concreto (tipo de cimento, aditivos e adições), e das condições climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) e incidência de sol e vento.

Todas as juntas deverão estar especificadas em projeto, pois a má execução das mesmas gera fissuras as mais variadas possíveis.

Os principais tipos de juntas são:

- Juntas de isolamento ou expansão;
- Junta de construção;
- Junta serrada ou de controle.

Juntas de isolamento ou expansão

Para a execução das juntas de isolamento, é necessário o uso de material compressível, como poliestireno expandido (EPS) (ver figura 38). Trata-se de um trabalho simples, que é realizado antes do lançamento do concreto da placa.



PLANCHAS AISLANTES de POLIESTIRENO EXPANDIDO

Figura 38: Pranchas de poliuretano expandido (EPS).

O EPS será cortado e aderido à superfície da estrutura, como por exemplo, um pilar. É importante manter o EPS aderido à superfície e este seja acompanhado até o final da concretagem, pois, devido à baixa densidade do EPS em relação ao concreto, se o mesmo não estiver bem aderido à estrutura, ele pode subir assim que o concreto é lançado e principalmente quando ele é vibrado. A figura 39 mostra a montagem de um junta de isolamento.



Figura 39: Uso de EPS onde para preparação de juntas de isolamento.

Junta de construção

Para a execução das juntas de construção, devem ser preparadas a forma e as barras de transferência com o espaçamento pedido em projeto. As barras de transferência são encaixadas na forma manual ao longo de toda a forma (ver figura 40). É o conjunto forma + barra de transferência.

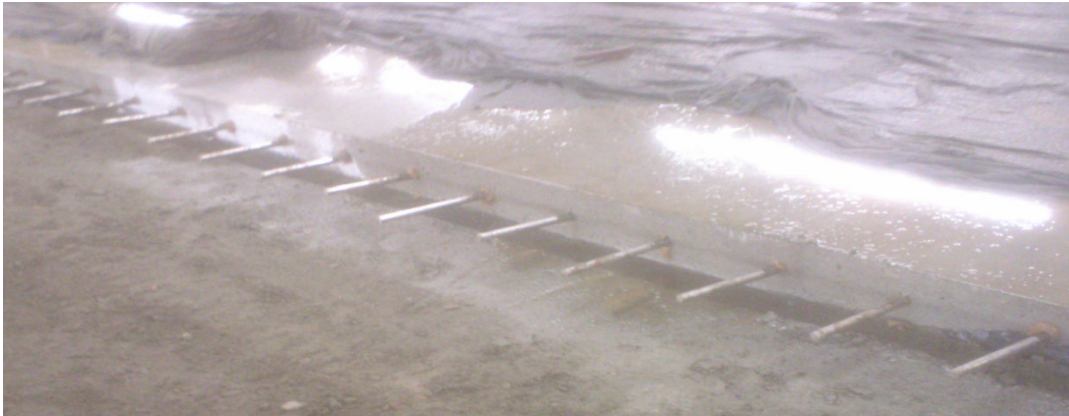


Figura 40: Conjunto fôrma +barra de transferência.

Além das juntas de construção longitudinais (delimitam os limites da placa) em casos de problemas durante a concretagem a interrupção da concretagem deve ser feita numa junta transversal.

Esta poderá ser preparada da mesma forma que a junta de construção, posicionando-se forma e barras de transferência, além disso, deve ficar perpendicularmente às juntas de construção. Assim que a concretagem for retomada, retira-se a forma e se dá prosseguimento.

Junta serrada ou de controle

Logo após o processo de acabamento do concreto, deve-se iniciar o corte das juntas transversais serradas. Um tema de discussão entre as empresas que executam esse tipo de junta é a determinação do melhor momento de início deste processo.

Em geral, este tempo é cerca de 10 horas após o lançamento do concreto, porém, existe uma grande variação de acordo com o tipo de cimento, temperatura ambiente, relação água/cimento, tipos e dosagem de aditivos, ventos e outros fatores externos.

O corte é executado com uma máquina de corte como mostrado na figura 11 no anexo A. É importante que o piso esteja bem nivelado para que a junta serrada também seja bem executada.

O corte deve ser realizado com abertura de 3 a 4 mm e profundidade de no mínimo 1/3 da espessura do piso de modo a efetivamente induzir o aparecimento da fissura em seu leito (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007)

3.2.4.3.4. Selantes para juntas

Atualmente, muitos tipos de selante vêm sendo desenvolvido, pois se trata de uma parte da placa que não possui a mesma resistência a durabilidade dos demais materiais constituintes da placa rígida. Dentre eles pode-se citar:

- Os pré-moldados;
- Moldados in locu.

Trata-se de uma etapa simples e rápida onde é feita a aplicação, manual dos materiais selantes, em casos de selantes moldados in locu, aplicação se dá com o auxílio de bisnagas.

A maioria dos selantes moldados in locu secam ou polimerizam em contato com o ar atingindo as propriedades resistência e estanqueidade. A figura 41 mostra a aplicação de selante monocomponente tixotrópico (moldado in locu).

É importante que os selantes sejam aplicados na temperatura em que o piso trabalhará, pois, por exemplo, em casos de câmaras frias, se o selante for instalado a temperatura ambiente, assim que o concreto resfriar poderá haver uma retração térmica, que certamente induzirá o deslocamento e a ruptura do selante.



Figura 41: Aplicação de Selante monocomponente para selagem de juntas.

4. Resultados

Mais precisamente falando, o trabalho em questão trouxe um detalhamento completo de como executar um piso industrial. Esse detalhamento compilou conhecimento e experiência de várias fontes e buscou descrever o processo em linguagem simples e acessível. Desde o engenheiro, estagiário ou mestre de obras, todos terão plenas condições de entender melhor sobre o tema depois de lerem o trabalho.

Durante a descrição da metodologia, abordou os materiais necessários para cada elemento e listou quais equipamentos básicos seriam necessários para cada tarefa. Compilou no Anexo A, os equipamentos básicos para a execução do piso.

Além disso, abordou a importância dos ensaios, fiscalização que devem ser usados durante o processo executivo de pavimentos industriais.

Muitos dos conhecimentos adquiridos podem ser estendidos, com algumas poucas modificações, à execução de pavimentos rodoviários e pisos em geral, ainda que estes não sejam industriais.

O resultado mais esperado foi realmente a montagem de manual simples e completo sobre execução de placas rígidas de pisos industriais.

A figura 42 ilustra um fluxograma com as atividades desenvolvidas.

A figura 43 ilustra um fluxograma referente aos ensaios e controles executados.

A figura 44 ilustra um fluxograma com os materiais básicos necessários para a execução.

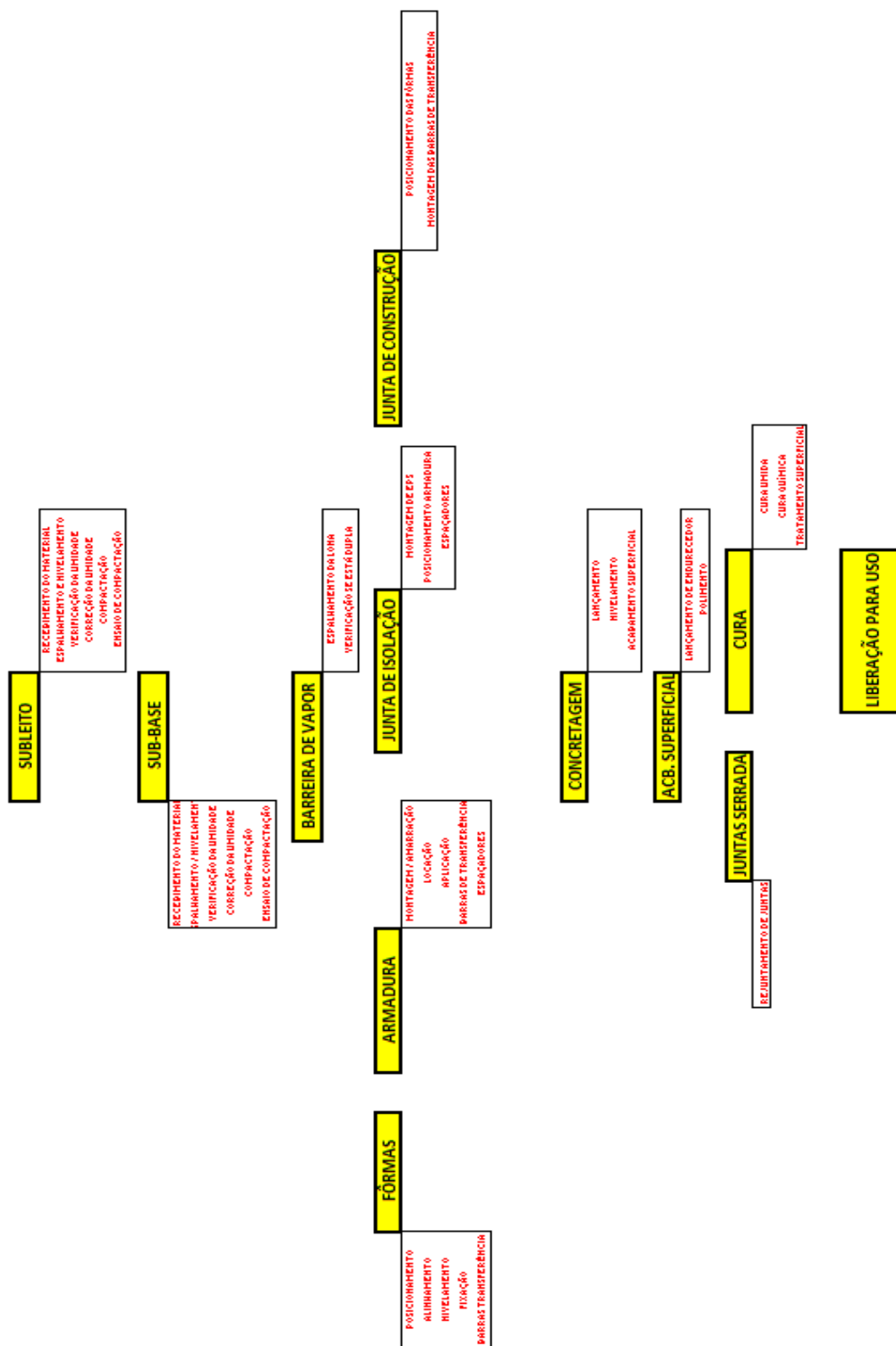


Figura 42- fluxograma referente as atividades básicas para execução de pisos industriais.

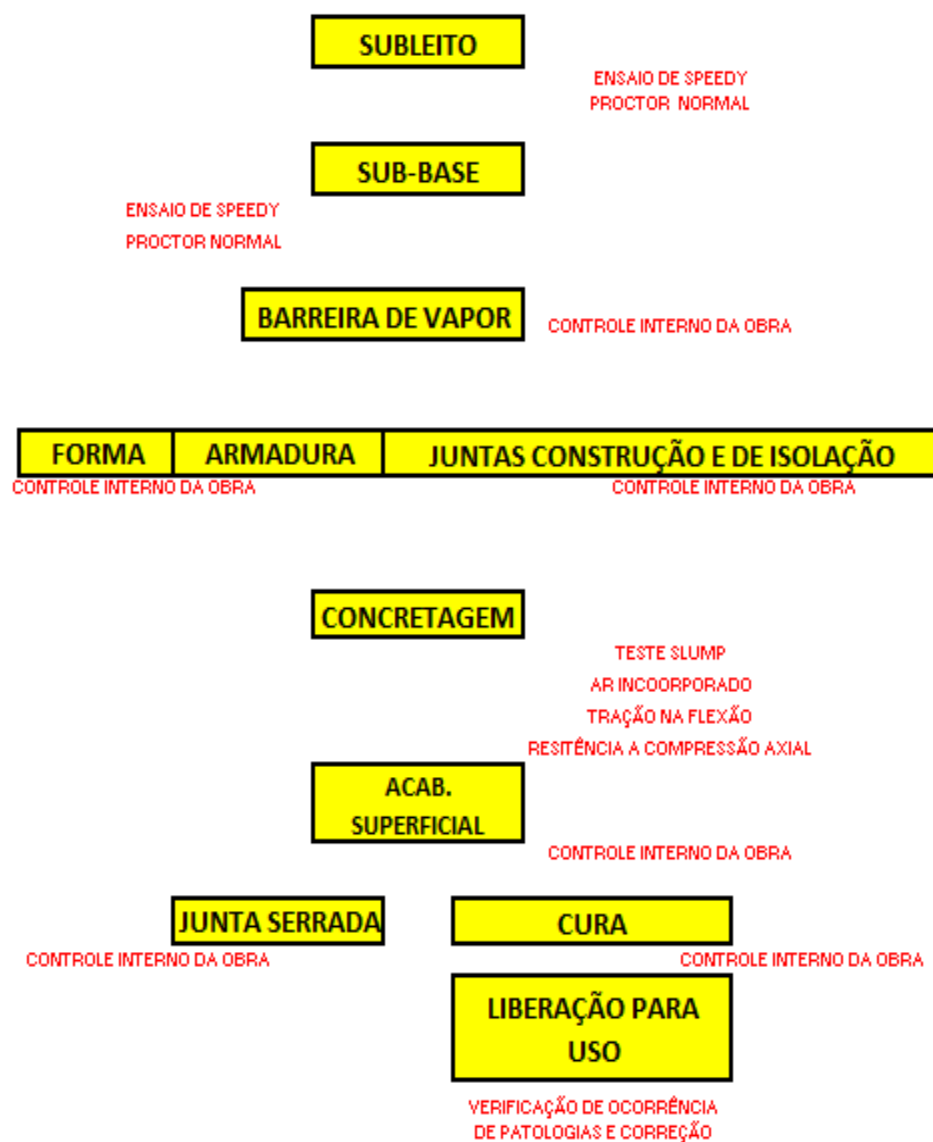


Figura 43- Fluxograma referente aos ensaios e controles básicos realizados durante a execução do piso industrial.

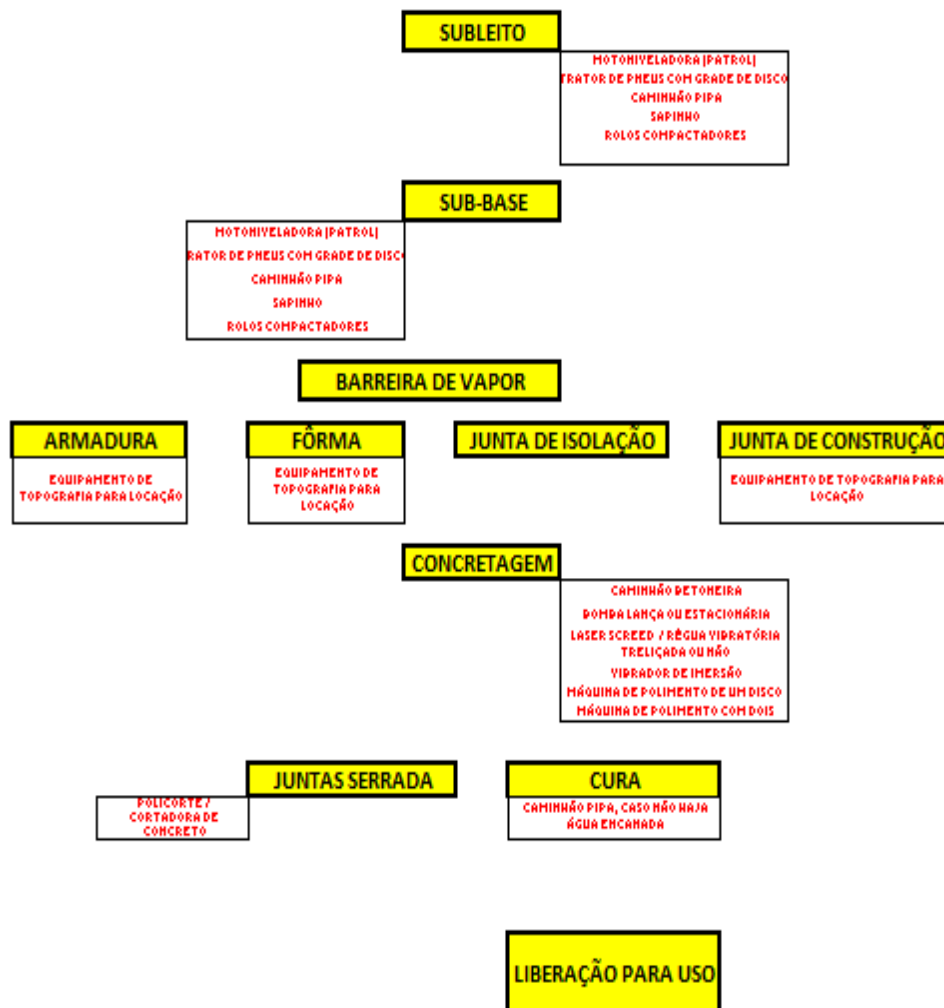


Figura 44- Fluxograma referente aos equipamentos básicos necessários para a execução de pisos industriais.

5. Discussões

A qualidade um piso industrial está ligada ao planejamento e bom desenvolvimento das etapas de execução do mesmo e não a um aumento de etapas nesse processo.

Com isso, serão listados cuidados que devem ser tomados para evitar ou reduzir a ocorrência de patologias durante o processo executivo principalmente na placa rígida ou pós-execução da placa.

5.1. Cuidados com o concreto para execução da placa rígida

O concreto é o principal material constituinte da placa. Dentre os requisitos exigidos para esse concreto tem destaque especial a resistência à tração na flexão e ao desgaste superficial. Na fase de execução são exigidas características como: baixa taxa de exsudação, baixa retração plástica, relação A/C reduzida.

Atualmente, para que essas exigências sejam atingidas, faz-se uso de produtos no concreto fresco na dosagem ou ainda no concreto pós-lançamento ainda na fase plástica. Além disso, análise especial deve ser direcionada ao concreto durante a dosagem, pois os esforços a que ele deverá responder são diferentes dos de sistemas estruturais de edifícios, por exemplo.

O concreto deve ter características de manter a consistência durante a aplicação, ter baixa permeabilidade, elevada resistência à abrasão, baixos níveis de fissuração e um tempo de pega conveniente, pois são essas características que irão proporcionar uma menor exsudação, melhor acabamento e maior durabilidade para os pisos.

O concreto é constituído basicamente por cimento, agregado e água. Para que propriedades como trabalhabilidade, durabilidade, maior resistência à abrasão, menos tempo de secagem sejam atingidos, comumente se adiciona ao concreto aditivos e fibras.

Não somente se podem usar aditivos e fibras para garantir tais propriedades como também se pode lançar mão de uma melhor seleção dos componentes primários do concreto como o agregado e cimento.

Fatores como conteúdo de agregados, granulometria e dimensões máximas do agregado, relação água-aglomerante, teor de água de amassamento, emprego de

adições minerais e aditivos químicos, além da geometria da peça a ser concretada, influenciam direta ou indiretamente a retração por secagem, que se trata de um dos problemas que atinge fortemente a durabilidade e a resistência do piso (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Outra patologia que pode ser atribuída em parte ao concreto é a microfissura tipo pé-de-galinha. O concreto com elevados teores de finos e agregados com excesso de impurezas (torrões de argila e material pulverulento) pode ser determinante para o aparecimento de tal problema.

Além da microfissura pé de galinha, um outro problema associado em parte ao concreto é o borrachudo. Trata-se do endurecimento prematuro da camada superficial do concreto, sendo que as camadas inferiores não apresentam a mesma rigidez ou resistência, fazendo com que haja grandes deformações da casca superficial com a entrada dos acabadores mecânicos (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Em casos de traços de concreto que proporcionem baixa taxa de exsudação podem favorecer o aparecimento dessa patologia. A exsudação do concreto pode ser reduzida com a incorporação de ar, elevado teor de finos, uso de adições minerais de elevada finura (sílica ativa ou metacaulim, por exemplo) e com a utilização de concretos com consistência mais seca (às vezes associado ao emprego de aditivos superplastificantes). (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Outro problema também ligado a esse endurecimento diferencial do concreto é a delaminação, que se caracteriza pelo deslocamento da camada superficial do concreto, muito denso e que é separada do restante da massa por uma película de água e/ou ar (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

A ocorrência dessa patologia está associada ao selamento prematuro da superfície de concreto, antes que a água de exsudação e ao ar possam ter sido liberados. Estando então, a parcela inferior do concreto ainda plástica (ou em um estágio menor de endurecimento), a água de exsudação e o ar aprisionado (ou incorporado) encontram uma camada mais densa e menos permeável, impedindo sua saída. O acúmulo de água e/ou ar sob esta camada cria um plano frágil, podendo evoluir para

duas situações, a primeira com o aparecimento de pequenas bolhas na superfície do concreto, ou para a ocorrência de deslocamento desta camada superficial durante as operações de espalhamento. (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Através do traço do concreto, pode-se reduzir o aparecimento de deslocamentos. Por exemplo: evitar o emprego de concreto com elevados teores de finos (cimento e areia), de ar incorporado e de água (abatimento muito elevado), e de aditivos e/ou adições que retardem a pega (ACI 302, 1996) (PCA, 2001) (PETERSON, 1970) (CCANZ, S. D.).

Outra patologia que pode ocorrer em pisos é o empenamento. Todas as placas estão sujeitas ao empenamento, que acontece devido retração do concreto. Caso esse empenamento seja excessivo, pode haver consequências mais sérias como: perda de aderência dos revestimentos; fissuras estruturais devido à perda de aderência da placa com a sub-base; piora do nivelamento do piso; mau funcionamento das juntas, pela movimentação relativa entre placas adjacentes (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007);

Dentre várias maneiras de minimizar tal problema, a atenção a uma dosagem de concreto que reduza a retração tem efeito positivo na redução do empenamento. Os concretos elaborados com cimento de retração compensada, por exemplo, têm sido empregados, com sucesso em vários países, na execução de pisos industriais com placas de grandes dimensões e taxas reduzidas de armadura, com grandes resultados na diminuição da fissuração por retração e do empenamento (ACI 302, 1996) (ACI 360, 1992) (GARBER, 1991).

Além disso, há também desgastes ocasionados por abrasão. Uma das funções para as quais o piso é dimensionado é a resistência à abrasão. Todavia, em alguns casos o desgaste é prematuro ocorrendo a formação de pó, mostrando uma baixa resistência do piso à abrasão. Um dos fatores que podem diminuir essa resistência está também no concreto, que quando elaborados com agregados miúdos oriundos de britagem de rocha (agregados artificiais) ou quando apresentam elevados teores de finos, tendem a aumentar o desgaste do concreto em relação aos agregados naturais (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

Por fim, o concreto não o único causador de muitas das patologias incidentes em pisos de concreto, mas pode entrar com grande parcela de culpa em todas elas. Neste tópico estão listadas algumas patologias relacionadas apenas ao traço e elementos constituintes do concreto quando mal dosados. Há também uma parcela de culpa nessas patologias resultantes da má utilização do concreto quando o mesmo chega na obra.

Além desses cuidados que exigem um conhecimento técnico mais apurado, há também questões de planejamento e organização da equipe para a concretagem do piso.

Há casos, por exemplo, que por falta de energia durante a concretagem da placa obrigou-se a preparação que uma junta de construção, ou então o caso em que faltou agregado ou qualquer material na concreteira, interrompendo também as atividades na obra. Para que problemas como esses não aconteçam e venham a depreciar o valor final do piso, é importante que o responsável mantenha tudo alinhado e organizado na sua equipe e com os parceiros que participarão indiretamente (concreteira, fornecedores de energia e água, etc.) da execução do piso.

Além disso, as condições climáticas devem ser analisadas no dia, pois sendo o concreto uma mistura que geralmente vem de fora da obra, o clima pode afetar significativamente seu tempo de pega, abatimento, relação água-cimento.

Não foi calculado aqui sobre o custo de reparações de patologias, mas já é sabido que corrigir tais patologias é bastante oneroso, então tomar os devidos cuidados durante a execução dos pisos é necessário e certamente deve ser menos dispendioso.

5.2. Patologias advindas de uma cura mal executada

A cura é um processo obrigatório na execução da placa. Garantirá que o concreto não perca água de amassamento para o ambiente. É essa perda de água que poderá levar a placa a apresentar várias patologias.

Para o caso de fissuração por retração do concreto a cura, seja úmida ou química, não elimina a retração (que é um processo natural no endurecimento do concreto) e tem como principal objetivo apenas retardar a ocorrência da retração, de modo que no momento de sua ocorrência o concreto já apresente resistência adequada para resistir às tensões geradas. Ou seja, apesar da cura não eliminar a retração, ela é fundamental para a redução dos seus efeitos (fissuração) (CHOUDOUNSKY & VIECILI, 2007).

5.3. Cuidados com a execução de juntas

Tão importante quanto o dimensionamento da seção transversal, o projeto geométrico deve ter alguns cuidados, que permitam o entendimento dos tipos e locação das juntas. Um projeto de juntas bem executado garante a durabilidade do piso, reduz o custo de manutenção e ainda assegura a perfeita utilização de acordo com o tipo de equipamento a ser utilizado. Dentre observações que devem estar presentes no projeto, pode-se citar:

- A largura da faixa de concretagem deve ser consistente com os índices de planicidade exigidos para o uso do piso;
- 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;
- As juntas devem ser alinhadas aos cantos internos do piso como observado na figura 45 abaixo;

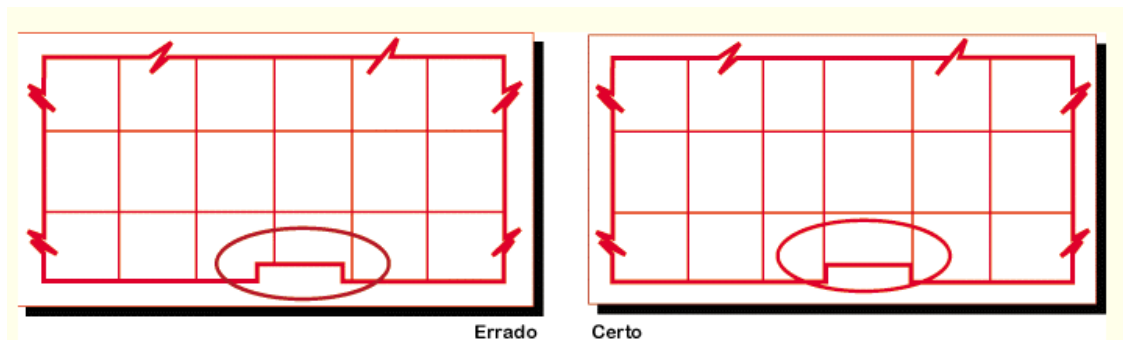


Figura 45: Alinhamento correto de juntas.

- O comprimento de uma junta de construção ou serrada, deve ser no mínimo igual a 50 cm de comprimento; (ver figura 46).
- Prever Ângulos de encontro entre juntas sempre maiores do que 90° (figura 46 item A).
- Uma junta de construção ou serrada, deve sempre encontrar uma curva em Ângulo igual a 90° (figura 43 item B).
- Uma junta de construção ou serrada não pode terminar em outra junta de construção ou serrada, sempre deverá terminar em uma junta de expansão.

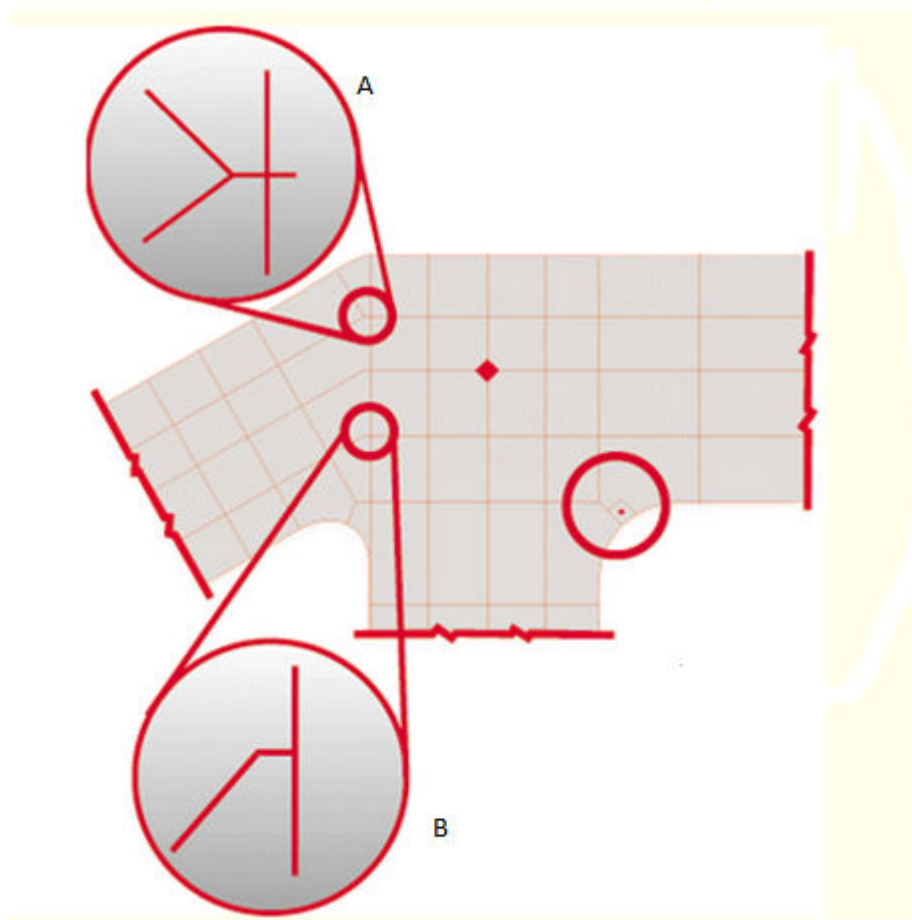


Figura 46: Detalhes geométricos de juntas.

A seguir, a figura 47 mostra uma junta de construção terminando em junta serrada gerando uma trinca alinhada com a junta de construção. Para evitar tais problemas, dever-se-ia continuar além da junta serrada e terminá-la em uma junta de isolamento.



Figura 47: Junta de construção terminando em um junta serrada, gerando uma trinca.

Além de haver o encontro com entre junta serrada e junta de construção, esse encontro obrigatoriamente deve ser feito com ângulo de 90° . A figura 48 mostra um caso de junta serrada terminando em junta de encontro, gerando fissura a 90° em relação à curva.



Figura 48: Encontro de junta serrada e junta de construção, gerando fissura.

6. Conclusão

O crescente avanço da industrial da construção civil tem buscado soluções para uma melhor qualidade do que é construído. Todavia, o que realmente é necessário fazer, na maioria dos casos, é seguir as normas já existentes e as recomendações existentes a cerca do tipo de obra a ser executado.

Assim acontece com pisos industriais. O que se sabe hoje a respeito do tema possibilita a execução de pisos de alta qualidade, basta que os processos sejam feitos com qualidade do começo ao fim.

Foi justamente isso que motivou a pesquisa sobre o tema, mostrar que com os conhecimentos que se tem atualmente é possível realizar um bom trabalho.

O trabalho buscou abordar de forma resumida todas as etapas da execução de um piso industrial. Não só de forma resumida, mas também de uma maneira entendível para qualquer um que o leia.

Cabe ao responsável pela execução do piso saber tais informações e buscar evitar quaisquer patologias que o piso possa apresentar. É o conhecimento acerca do assunto que o aproximará da perfeição no serviço executado.

Bibliografia

- CHODOUNSKY, Marcel Aranha; VIECILI, Fábio André. **Pisos Industriais de Concreto: Aspectos Teóricos e Executivos**. São Paulo: Reggenza, 2007
- NETO, Jary de Xerez. **Pavimentos de Concreto para Tráfego de Máquinas Ultrapesadas**. São Paulo: PINI, 2013
- LMBRASIL, “**Juntas de Pisos Industriais**”, (disponível em www.lmbrasil.com.br, consultado em 22/02/2014)
- ANAPRE, Jefferson Bomfim dos Reis, “**Posicionamento das Armaduras em Pisos e Pavimentos de Concreto**”, Abril 2009 (disponível em www.anapre.org.br, consultado em 22/02/2014)
- CECC, Rafael Cristelli, “**Pavimentos Industriais de Concreto - Análise do Sistema Construtivo**”, 2010 (disponível em www.cecc.eng.ufmg.br, consultado em 20/02/2014)
- GRECO, Jisela Aparecida Santanna, “**Compactação de Aterros**”, (disponível em www.etg.ufmg.br, consultado em 20/02/2014)
- IE, “**Preparo do Subleito do Pavimento**”, Janeiro 2004 (disponível em www.prefeitura.sp.gov.br, consultado em 20/02/2014)
- RODRIGUES, Públio Penna Firme, **Manual de Pisos Industriais – Fibras de Aço e Protendido**, São Paulo: PINI, 2010

Anexo A



(A) Figura 1: Motoniveladora.



(A) Figura 2: Trator de Pneus com grade de discos.



(A) Figura 3: Caminhão pipa com distribuidor de água.



(A) Figura 4: A rolo compactador liso, B rolo compactador pé-de-carneiro,



(A) Figura 5: Compactador de mão, tipo "sapinho".



(A) Figura 6: Caçamba.



(A) Figura 7: Caminhão betoniera com três bicas e capacidade de 8m³.



(A) Figura 8: Laser Screed em operação.



(A) Figura 9: Vibrador de Imersão.



(A) Figura 10: A esquerda régua vibratória treliçada, a direita régua vibratório não treliçada.



(A) Figura 11: Máquina policorte executando uma junta serrada.

Tabela 2: Modelo de planilha preenchida com controle de lançamento e acabamento de concreto por placa.

FICHA CONTROLE DE LANÇAMENTO DE CONCRETO POR PLACA												
OBRA:												
EXECUTOR:				PLACAS DE CONCRETAGEM							PERÍODO: 12/09/13 a 18/11/13	
Placas				VOLUME(M³)		Salgamento	Início	Final	Espessura	Sobra	Destino	
Ordem	Data de Exec.	Nº Beton.	H I Lanc.	H F Lanc.	Vol. Solicitado	Vol. Utilizado	(Kg)	Acabamento	M. da Placa	Concreto		
1	12/09/2013	33	06:00	16:51	227	224,00	4922,96	09:40	22:50	0,161	3m³	Devolvido a concreteira
2	13/09/2013	27	09:34	16:42	216	212,00	4922,96	11:00	21:50	0,154	4m³	Devolvido a concreteira
3	16/09/2013	31	08:25	16:58	217	214,28	4922,96	11:50	23:00	0,154	2,72m³	Devolvido a concreteira
4	17/09/2013	30	06:30	12:59	210	208,15	4922,96	11:00	20:00	0,148	3,85m³	Devolvido a concreteira
5	18/09/2013	31	06:50	15:08	217	216,15	4922,96	10:00	21:00	0,156	0,85m³	Devolvido a concreteira
6	19/09/2013	33	06:30	16:00	231	229,50	4922,96	09:30	00:00	0,165	1,50m³	Devolvido a concreteira
7	04/10/2013	30	06:55	13:21	210	203,85	4922,96	09:30	21:00	0,147	6,15m³	Devolvido a concreteira
8	07/10/2013	31	07:44	15:14	214	212,12	4922,96	10:20	22:00	0,153	1,88m³	Devolvido a concreteira
9	08/10/2013	32	06:25	16:08	221	218,90	4922,96	09:00	20:00	0,158	2,10m³	Devolvido a concreteira
10	09/10/2013	31	06:25	14:16	217	215,85	4922,96	09:00	21:00	0,156	1,10m³	Devolvido a concreteira
11	10/10/2013	31	06:40	13:09	213	212,56	4922,96	09:00	20:00	0,153	0,44m³	Devolvido a concreteira
12	11/10/2013	31	06:38	17:15	214	213,89	4922,96	10:30	22:00	0,154	0,11m³	Devolvido a concreteira
13	14/10/2013	30	07:17	14:06	210	207,38	4922,96	10:30	21:00	0,149	2,60m³	Devolvido a concreteira
14	15/10/2013	31	06:49	18:12	214	212,96	4922,96	10:11	02:00(madrug)	0,153	1,03m³	Devolvido a concreteira
15	16/10/2013	29	06:54	16:07	200	198,29	4922,96	10:00	22:00	0,142	1,71m³	Devolvido a concreteira
16	24/10/2013	29	07:15	17:03	226	223,34	4922,96	10:50	05:00(manhã)	0,161	2,66m³	Devolvido a concreteira
17	25/10/2013	27	07:40	15:00	216	211,72	4922,96	10:30	22:00	0,153	4,27m³	Devolvido a concreteira
18	26/10/2013	27	07:01	13:09	211	210,13	4922,96	09:30	21:00	0,151	0,87m³	Devolvido a concreteira
19	28/10/2013	27	07:21	15:29	217	215,93	4922,96	10:00	22:00	0,158	1,10m³	Devolvido a concreteira
20	29/10/2013	28	07:39	17:00	225	223,73	4922,96	10:00	22:30	0,161	1,27m³	Devolvido a concreteira
21	30/10/2013	26	07:10	15:53	208	203,80	4922,96	10:00	00:00	0,148	4,20m³	Devolvido a concreteira
22	31/10/2013	27	06:53	13:51	216	213,23	4922,96	10:10	20:00	0,154	2,77m³	Devolvido a concreteira
23	01/11/2013	27	08:30	14:21	216	215,78	4922,96	08:30	23:00	0,156	0,22m³	Devolvido a concreteira
24	04/11/2013	31	07:51	19:23	200	197,75	4922,96	12:00	05:00(manhã)	0,143	2,20m³	Devolvido a concreteira
25	06/11/2013	35	06:42	16:13	210	206,0	4922,96	08:40	21:00	0,148	4,00m³	Devolvido a concreteira
26	07/11/2013	34	06:53	16:11	204	201,40	4922,96	09:20	23:00	0,145	2,60m³	Devolvido a concreteira
27	08/11/2013	36	06:40	16:46	214	211,35	4922,96	09:00	22:00	0,152	2,65m³	Devolvido a concreteira
28	09/11/2013	29	06:34	12:42	204	203,20	4922,96	08:40	20:00	0,146	0,80m³	Devolvido a concreteira
29	11/11/2013	34	08:09	18:08	204	203,01	4922,96	8:44	00:00	0,146	0,99m³	Devolvido a concreteira
30	12/11/2013	34	06:40	16:11	204	202,96	4922,96	9:46	22:30	0,146	1,04m³	Devolvido a concreteira
31	13/11/2013	39	06:46	16:32	234	232,3	4922,96	9:40	23:00	0,167	1,72m³	Devolvido a concreteira
32	14/11/2013	34	06:50	15:06	224	220,2	4922,96	9:00	22:00	0,158	3,79m³	Devolvido a concreteira
33	18/11/2013	31	07:11	14:56	206	203,5	4922,96	8:15	20:00	0,147	2,54	Concr. F.de caixa ADM

Tabela 3: Valores de locação de máquinas

Locação de Máquinas		
máquina	R\$/dia	R\$/mês de permanência na obra
Patrol (motoniveladora)	1040,00	
Rolo Compactador	640,00	16.000,00
Trator de pneus com grade	480,00	12.000,00
Caminhão pipa	480,00	1.2000,00
Caçamba	520,00	13.000,00

