

Monografia

EXECUÇÃO DE PISO INDUSTRIAL DE CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DE FIBRA SINTÉTICA

Autor: Debora Regina Cruz

Orientador: Prof. Adriana Guerra Gumieri

Abril/2015

DEBORA REGINA CRUZ

**EXECUÇÃO DE PISO INDUSTRIAL DE CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DE
FIBRA SINTÉTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Piso Industrial em Concreto

Orientador: Prof. Adriana Guerra Gumieri

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2015

Dedico este trabalho de conclusão da pós-graduação aos meus pais, irmãos, familiares, esposo, filho e amigos que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para que fosse possível a concretização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas do meu convívio que acreditaram e contribuíram, mesmo que indiretamente, para a conclusão deste curso.

Aos meus pais Angela Maria Cruz e Orfane Cruz, pelo amor incondicional e pela paciência. Por terem feito o possível e o impossível para me oferecerem a oportunidade de estudar, acreditando e respeitando minhas decisões e nunca deixando que as dificuldades acabassem com os meus sonhos, serei imensamente grata.

Ao meu esposo Ronaldo Assunção Rocha e filho Pedro Cruz Rocha, por compreender a importância dessa conquista e aceitar a minha ausência quando necessário.

À todos os familiares, tios, tias e primos que torceram e acreditaram na conclusão deste curso, fico muito grata.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 <i>Objetivos Geral</i>	12
2.2 <i>Objetivo Específico</i>	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 <i>Pisos Industriais em Concreto</i>	13
3.2 <i>Tipos de Pisos Industriais em Concreto</i>	14
3.2.1 <i>Pisos de Concreto Simples</i>	16
3.2.2 <i>Pisos de Concreto Armado</i>	18
3.2.3 <i>Pisos de Concreto Reforçado com Fibras</i>	19
3.2.4 <i>Pisos em Concreto Armado e Reforçado (Sistema Misto)</i>	23
3.2.5 <i>Pisos em Concreto Protendido</i>	24
4. DIRETRIZES DE PROJETOS E EXECUÇÃO DE PISO INDUSTRIAL EM CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DE FIBRA SINTÉTICA.....	27
4.1 <i>Descrição do Sistema</i>	27
4.2 <i>Aplicação</i>	28
4.3 <i>Características Técnicas</i>	29
4.3.1 <i>Cimento</i>	29
4.3.2 <i>Agregados</i>	29
4.3.3 <i>Fibras Estruturais</i>	29
4.3.4 <i>Concreto</i>	31
4.3.5 <i>Barras de Transferência</i>	33
4.4 <i>Execução</i>	33

4.4.1 Regularização de Terreno	33
4.4.2 Compactação do Solo	34
4.4.3 Espessura das Camadas	36
4.4.4 Preparação da Sub-base	37
4.4.5 Camada de Deslizamento	37
4.4.6 Concretagem	38
4.4.7 Execução de Juntas Serradas	42
4.4.8 Tratamento das Juntas	43
4.5 Durabilidade e Manutenibilidade	43
5. ESTUDO DE CASO	45
6. CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Principais componentes do sistema de pisos industriais	14
Figura 3.2: Pavimento de concreto simples sem utilização de barras de transferência	17
Figura 3.3: Pavimento de concreto simples com utilização de barras de transferência	17
Figura 3.4: Pavimento de concreto	19
Figura 3.5: Pavimento de concreto reforçado com fibras	20
Figura 3.6: Fibra de aço carbono	22
Figura 3.7: Fibras de vidro para adição em concreto	22
Figura 3.8: Fibras de polipropileno para adição em concreto	22
Figura 3.9: Formação de ouriços (aglomeração das fibras com agregados) ...	23
Figura 3.10: Pavimento de concreto protendido	26
Figura 4.1: Aspecto concreto reforçado com fibras	32
Figura 4.2: Adição das fibras na usina de concreto	33
Figura 4.3: Sub-base tratada, lona de polietileno e espaçadores metálicos posicionados	35
Figura 4.4: Aplicação de lona de polietileno	35
Figura 4.5: Montagem das fôrmas e das barras de transferência com os espaçadores metálicos posicionados	36
Figura 4.6: Preparação da sub-base	37
Figura 4.7: Lançamento e espalhamento do concreto	40
Figura 4.8: Retirada das fôrmas de madeira nas laterais com barras de transferência de carga	40

Figura 4.9: Sub-base tratada com brita graduada simples, barras de transferência e início de acabamento na placa de concreto	41
Figura 5.1: Projeto com estopo das juntas com utilização de telas	47
Figura 5.2: Projeto com estopo das juntas com utilização de fibras	48
Figura 5.3: Execução de piso de galpão em São José da Lapa: posicionamento de lona	49
Figura 5.4: Execução de piso de galpão em São José da Lapa: reforço pilares com telas	49
Figura 5.5: Execução de piso de galpão em São José da Lapa – lançamento de concreto com fibras.....	50

LISTA DE TABELAS

Figura 3.1: Funções básicas das camadas do sistema de pavimentos industriais	15
Tabela 4.1: Informações macrofibras polímeras	30
Tabela 5.1: Piso industrial de concreto armado com telas	45
Tabela 5.2: Piso industrial de concreto reforçado com fibras	46

1. INTRODUÇÃO

A execução de pisos industriais no Brasil teve um grande impulso na década de 90 por conta da estabilidade econômica iniciada nessa época e como consequência do maior intercâmbio intelectual com outros países. Uma importante revolução tecnológica se fez presente neste período em função das exigências do mercado em especial para as grandes redes varejistas que expandiam e ainda hoje expandem seus entrepostos comerciais, para atender a demanda cada vez mais crescente de consumidores. A execução de projetos específicos para atender as necessidades da obra é uma solução para o desenvolvimento de especificações técnicas responsáveis para atender as exigências operacionais, solicitações e carregamentos do piso em vista do desgaste originado por ação de agentes químicos e mecânicos (RODRIGUES, 2006).

Pisos industriais de concreto são elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito esforços verticais provenientes dos carregamentos. É sobre eles que as atividades de movimentação de cargas e de equipamentos se realizam. Por isso, a correta execução é fundamental para garantir seu desempenho.

Este trabalho tem por objetivo apresentar as diretrizes básicas para execução de piso industrial de concreto com a utilização de fibra sintética, verificando as vantagens deste processo. Abordando também as etapas de montagem, execução de juntas de dilatação e acabamento superficial.

O presente trabalho está estruturado em 7 capítulos, sendo o primeiro destinado à introdução.

O segundo capítulo está destinado a delimitação do objetivo geral e objetivo específico do trabalho.

O terceiro capítulo é uma revisão bibliográfica que está destinado à definição de piso industrial, bem como, à descrição dos diferentes tipos de piso industrial em concreto, incluindo o piso de concreto reforçado com fibras.

O quarto capítulo está destinado a diretrizes de projetos e execução de piso industrial em concreto com a utilização de fibra sintética. Neste capítulo, serão abordados os aspectos relativos a descrição do sistema, a aplicação, as características técnicas, execução, durabilidade e manutenibilidade.

O quinto capítulo está destinado a apresentação de estudo de caso.

O sexto capítulo está destinado as considerações finais acerca do tema pesquisado.

O sétimo capítulo está destinado a apresentação da bibliografia que foi utilizada para execução de pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Descrever a execução e os métodos construtivos de pisos de concreto com utilização de fibra sintética para áreas de operação em galpões industriais.

2.2 Objetivo Específico

Mostrar um estudo de caso de um piso industrial explicando cada etapa de trabalho do projeto. Apresentar o método executivo para pisos de concreto com utilização de fibra sintética como uma sequência construtiva lógica, levando em consideração as interferências desde o tipo de agregado (areia ou brita) utilizado pela empresa concreteira, como a armação, os espaçadores, as barras de tranferência, as telas soldadas e o tipo de acabamento final do piso.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pisos Industriais em Concreto

Analisando a evolução dos pisos e pavimentos nos últimos vinte anos, observa-se que as dimensões dos panos destes pisos e pavimentos aumentaram, exigindo dos projetistas, construtores e fabricantes de materiais, novas tecnologias, novos métodos de cálculo, novos materiais e novos equipamentos que aliados às boas técnicas, são responsáveis por vencer vãos maiores objetivando atender às necessidades atuais.

Frente a este cenário, pode se dizer que toda a evolução baseia-se na busca de uma maior vida útil de um piso industrial, sendo que entre os principais fatores que contribuem para isto estão: a redução do número de juntas de retração, utilização de concreto com adequada resistência à abrasão e características compatíveis da sub-base.

Segundo Vasconcelos (1979), pode-se afirmar que:

“que a durabilidade de um piso ou pavimento de concreto diminui quando aumenta o número de juntas, seja pelas condições extremas de impacto devido ao trânsito de equipamentos e veículos, seja pela infiltração de água pelas juntas, que percolando pelo terreno, provocando saída das partículas finas, tornando a base mais recalçável e, portanto, favorecendo o aumento das solicitações da placa sob a ação dos carregamentos a que esta está submetida. Os defeitos que aparecem nos pisos e pavimentos de concreto quase sempre aparecem nas juntas ou em fissuras de retração”.

Segundo Bina e Teixeira (2002), pode-se afirmar que:

“se a maioria das futuras patologias dos pisos e pavimentos está ligada diretamente às juntas, e se as juntas são as principais responsáveis pelas interdições e redução da vida útil do piso, criou-se a necessidade pela busca de uma solução capaz de atender a esse requisito, neste caso a solução está diretamente relacionada a um melhor método construtivo que permite a redução do número de juntas”.

Segundo Schmid (1997), “as juntas de dilatação, maior fonte de quebras na placa convencional, podem ser distanciadas de até 150 m umas das outras, sendo, porém de execução mais sofisticada”.

Frente a estas considerações, a utilização do concreto com fibra sintética para execução de pisos industriais, constitui-se de tecnologia que pode oferecer uma alternativa tecnicamente superior, com elevada durabilidade e economicamente competitiva.

3.2 Tipos de Pisos Industriais em Concreto

Os pisos industriais são compostos geralmente por cinco camadas principais superpostas com funções específicas, conforme figura 3.1

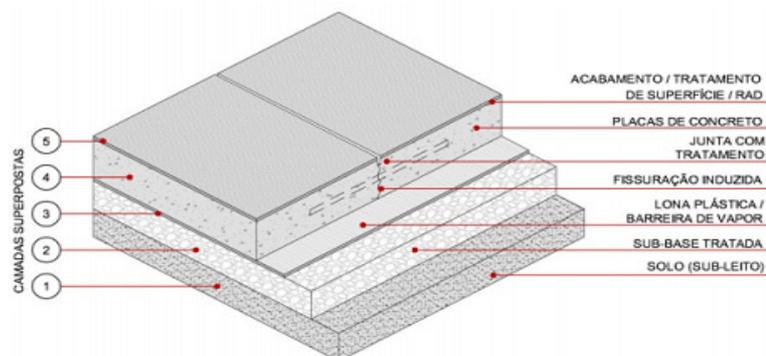


Figura 3.1 – Principais componentes do sistema de pisos industriais

(Carvalho, 2009)

Cada uma dessas camadas, tem função específica dentro deste sistema construtivo. Os cuidados de projeto e execução de cada uma delas são de extrema importância para a eficiência e qualidade dos pisos industriais.

Essas camadas trabalham como um conjunto de mecanismos integrados de um único sistema construtivo e a interação entre as mesmas é fator determinante para a qualidade do pavimento. A tabela 3.1 mostra as funções básicas de cada uma dessas camadas.

Tabela 4.1: Funções básicas das camadas do sistema de pavimentos industriais.

(Fonte: adaptação de dados de itens 1 e 2 OLIVEIRA 2000; itens 3 e 4 RODRIGUES et al, 2006; item 5 CHODOUNSKY, 2007)

Camada:	Funções:
1 Solo (base) / Subleito:	Absorver as solicitações de cargas impostas ao pavimento. Controlar do coeficiente de recalque "K", de acordo com suas propriedades físico-mecânicas e capacidade de suporte.
2 Sub-base:	Isolar e estabilizar as condições do subleito através de tratamentos granulométricos e de capacidade de distribuição de carga. Dar suporte uniforme e constante. Evitar bombeamento. Controlar as variações volumétricas do subleito. Aumentar o suporte da fundação.
3 Lona plástica/ barreira de vapor:	Impermeabilizar superfície para evitar umidade ascendente nas placas de concreto. Garantir livre movimentação da placa de concreto em relação à sub-base. Garantir hidratação do cimento, evitando perda de água de amassamento para a sub-base.
4 Placas de concreto:	Absorver os carregamentos do piso e transferir os esforços para a fundação, trabalhando no regime elástico. Servir de base de aplicação (ancoragem) dos revestimentos.

Camada:	Funções:
5 Acabamento / tratamento de superfície / RAD	Acrescentam características superficiais específicas ao sistema do piso, de acordo com a demanda de utilização. Garantem à superfície do piso as resistências ao desgaste por abrasão e influenciam quanto ao conforto de rolamento das empilhadeiras, pois além de promoverem a compactação superficial removem as imperfeições.

Os pisos industriais são divididos em:

- Pisos de concreto simples
- Pisos de concreto armado
- Pisos de concreto reforçado com fibras
- Pisos em concreto armado e reforçado (sistema misto)
- Pisos em concreto protendido.

3.2.1 Pisos de Concreto Simples

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), nos pavimentos de pisos de concreto simples, todos os esforços de tração gerados pela retração, variação térmica e pelo carregamento, são resistidos pelo concreto. Não há presença de armadura estrutural ou de combate à retração podendo-se, entretanto, empregar dispositivos de transferência de carga tais como barras de transferência ou barras de ligação.

As figuras 3.2 e 3.3 mostram respectivamente o sistema de piso de concreto simples sem utilização de barra de transferência e com utilização de barra de transferência.

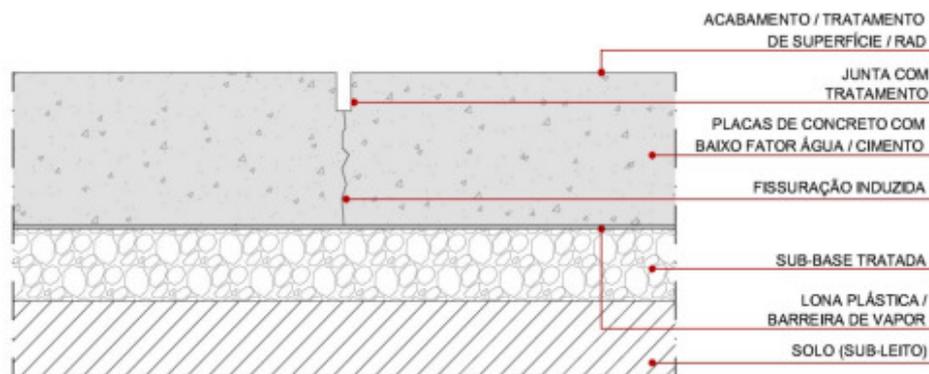


Figura 3.2 – Pavimento de concreto simples sem barra de transferência
(Carvalho, 2009)

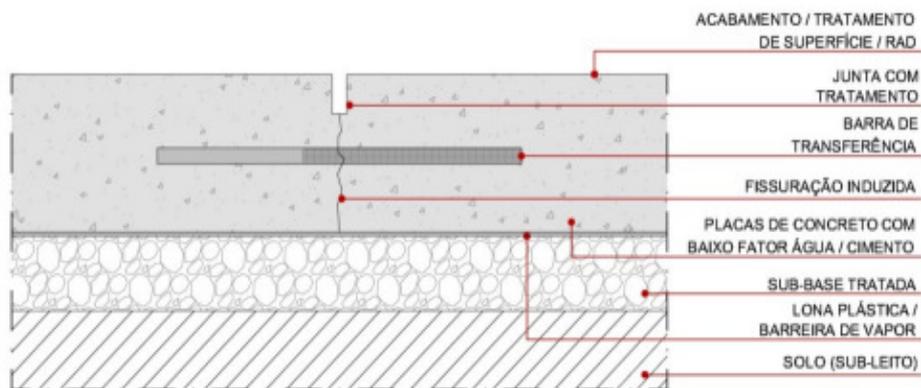


Figura 3.3 – Pavimento de concreto simples com barra de transferência
(Carvalho, 2009)

Segundo Nakamura (2009), o processo executivo deste tipo de pavimento é bastante simplificado, porém apresenta menor resistência e durabilidade que os demais pisos de concreto. Sua utilização é restrita em áreas onde existem grandes necessidades de suporte de carga, sendo indicado geralmente para casos onde a grande quantidade de juntas não prejudica a vida útil do pavimento.

Segundo Oliveira (2000), a quantidade de cimento deve ser elevada para aumentar a resistência do material e combater os esforços de compressão e

flexão. Por isso, nestes tipos de pavimentos, o concreto deve apresentar fator água / cimento reduzido e processo de cura adequado como alternativa de combate às fissuras por retração hidráulica.

Outro fator importante é que o processo de fadiga do concreto (degradação da placa em função da repetição de carregamentos) pode comprometer a estrutura do material. Segundo Chodounsky e Viecili (2007), devido a esse processo repetitivo, o concreto poderá romper mesmo que essa tensão admissível não seja alcançada.

3.2.2 Pisos de Concreto Armado

Segundo Bina e Teixeira (2002), o piso de concreto armado utiliza armaduras com finalidade estrutural, isto é, a armadura tem, de fato, a função de controlar as tensões de tração na flexão geradas na placa. A armadura principal, habitualmente constituída de telas eletrosoldadas ou de aço convencional em barras, é sempre colocada na parte inferior das placas, região onde as principais tensões se desenvolvem. Neste tipo de piso é possível executar placas de até 25 metros de comprimento, desde que se inclua uma armadura complementar na face superior destinada a absorver os esforços devidos à retração e variações térmicas do concreto.

Segundo Nakamura (2009), quando se utiliza armadura simples, ela é posicionada a 3 cm da face superior do piso, apenas para absorver os esforços provenientes da retração; esta armadura não tem nenhuma função estrutural.

Não é dimensionada para absorver esforços de tração na flexão do conjunto, mas somente para carga distribuída. Desta maneira, o dimensionamento utilizando armadura simples deverá ser feito utilizando os critérios de cálculo para concreto simples.

A figura 3.4 apresenta o perfil de pisos de concreto com armadura distribuída continuamente.

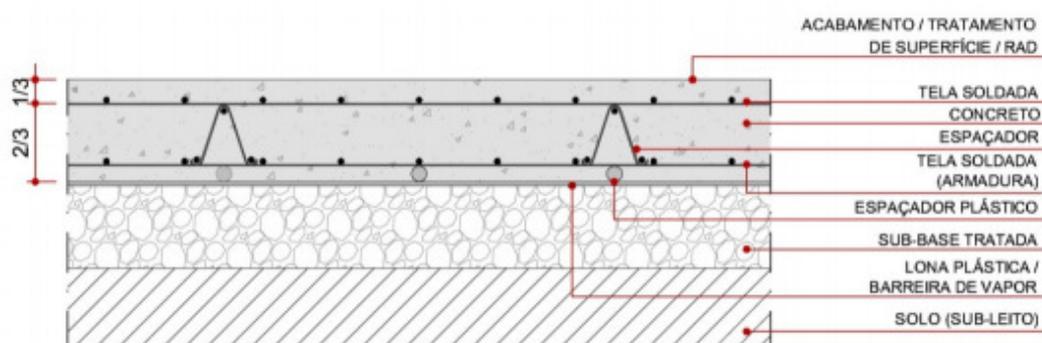


Figura 3.4 – Pavimento de concreto com armadura distribuída continuamente
(Carvalho, 2009)

3.2.3 Pisos de Concreto Reforçado com Fibras

Chodounsky e Viecili (2007), define o concreto reforçado com fibras como uma mistura (compósito) constituída de duas fases: o concreto e as fibras. Suas propriedades são determinadas pelo comportamento estrutural do conjunto formado por seus componentes.

A figura 3.5 apresenta o perfil de pisos de concreto reforçado com fibras.

Embora seu comportamento à fadiga não tenha sido profundamente estudado, a adição de fibras ao concreto substitue a armadura distribuída convencional, e

devido ao seu alto módulo de deformação, resiste aos esforços de tração, reduzindo os índices de fissuração dos pavimentos, gerando material com elevado índice de ductibilidade e boa capacidade de redistribuição dos esforços. O número de juntas é reduzido devido às tensões geradas no interior das placas (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

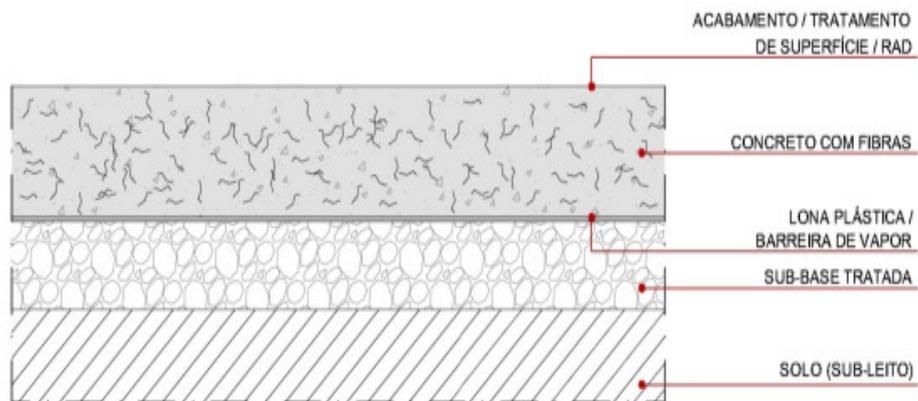


Figura 3.5 - Pavimento de concreto reforçado com fibras
(Carvalho, 2009)

As fibras são produzidas a partir de materiais trelifados de alta resistência (alto módulo) e são misturadas ao concreto pouco antes da execução do piso. Segundo Chodounsky e Viecili (2007), as fibras podem ser classificadas em:

- sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono);
- sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro);
- naturais e orgânicas (celulose);
- naturais e inorgânicas (asbesto ou amianto).

Ainda segundo Chodounsky e Viecili (2007), quanto maior for a quantidade de fibras no concreto maior será a possibilidade da fibra interceptar uma fissura,

sendo usual uma concentração na ordem de 0,25% do volume do concreto utilizado.

Segundo Bina e Teixeira (2002), em relação à logística de execução, destacam-se como principais vantagens da utilização do sistema de concreto reforçado com fibras:

- “Eliminação da etapa de colocação das armaduras: Redução da mão de obra, tempo de montagem das armaduras e insumos (ferragens, telas soldadas, espaçadores, barras de transferência, carangueijos, etc).
- 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.
- 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.
- Quando utilizadas fibras de alto módulo (excluem-se as de aço) ocorre diminuição do risco de patologias causadas por corrosão.
- Simplificação do processo de execução das juntas de dilatação (não há necessidade de instalar barras de transferência) e reforço das bordas das placas com fibras, reduzindo o risco de patologias como quebra das juntas e quinas”.

As figuras 3.6, 3.7 e 3.8 são exemplos de tipos de fibras. A figura 3.6 é o modelo Dramix / Arcelormittal comercializado em pente com material hidrossolúvel para facilitar manuseio e transporte até a obra ou empresa responsável pela produção do concreto. A figura 3.7 é o modelo de fibras de vidro e a figura 3.8 é o modelo de fibras de polipropileno.

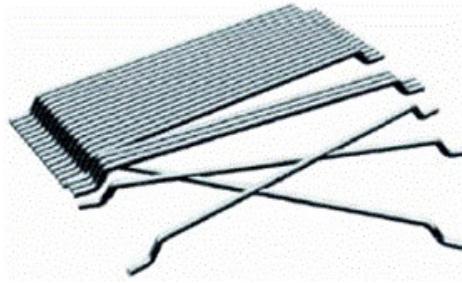


Figura 3.6 - Fibra de aço carbono

(Catálogo Arcelormittal, 2012)



Figura 3.7 - Fibras de vidro para adição em concretos

(Catálogo Saint Gobain)



Figura 3.8 - Fibras de polipropileno para adição em concretos

(Catálogo Fitesa)

Segundo Bina e Teixeira (2002), o controle tecnológico do concreto deve ser bastante cuidadoso, assegurando comportamento previsto em projeto e evitando formação de “ouriços” (bolas formadas pela aglomeração de fibras e da fração mais fina dos agregados e cimento), conforme figura 3.9, que comprometem o desempenho do material e prejudicam os processos de concretagem.



Figura 3.9 – Formação de ouriços (aglomeração das fibras com agregados)

(Divulgação Macaferri, 2011)

3.2.4 Pisos em Concreto Armado e Reforçado (Sistema Misto)

Este tipo de piso caracteriza-se pela sua execução com a utilização de fibras de aço ou sintéticas adicionadas ao concreto, a fim de combater os esforços de retração e variações térmicas, juntamente com o emprego de armadura na região inferior da placa a fim de atender às solicitações dos carregamentos estáticos e dinâmicos aos quais o piso será submetido.

Segundo Bina e Teixeira (2002), pode-se afirmar que:

“muitos pisos industriais construídos no Brasil são feitos utilizando armação em tela dupla, sendo a tela inferior responsável por absorver os esforços de tração na flexão, devido aos carregamentos externos, e a armadura superior responsável por absorver as tensões produzidas pela retração. Estruturalmente e tecnicamente a solução está correta para placas abaixo de 300m² (15m x 20m), mas economicamente e construtivamente este sistema de tela dupla é caro e trabalhoso, necessitando de muito tempo para o correto posicionamento das armaduras, onde a seqüência de trabalho ocorre da seguinte forma: posicionamento da tela inferior, respeitando o recobrimento da armadura, em seguida o posicionamento de uma treliça metálica que dará suporte à tela superior, esta posicionada por último. Esta seqüência construtiva pode limitar grandes produtividades, pois demanda maior quantidade de mão de obra para manipulação e posicionamento da tela superior, podendo esta tela, em grande parte dos casos, ser substituída, juntamente com a treliça, pelo emprego de uma dosagem calculada de fibras sintéticas”.

Podem-se conferir ainda significativas reduções de custos e aumento de produtividade, quando se executa placas com dimensões inferiores a 15 metros, promovendo ao concreto um eficiente combate à retração.

3.2.5 Pisos em Concreto Protendido

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), o piso protendido, resumidamente, consiste em um piso de concreto reforçado com armaduras de alta resistência, tracionadas por macacos hidráulicos, cuja força, é transferida à placa de concreto por intermédio das ancoragens posicionadas nas extremidades.

A idéia de se utilizar a protensão em pisos ou pavimentos de concreto nasceu há muitos tempo, tendo sido registradas as primeiras experiências em meados da década 40, na Europa e nos Estados Unidos. A introdução das cordoalhas engraxadas e plastificadas no mercado brasileiro, no início de 1997, deu novo e grande impulso para a disseminação do uso do sistema de pós-tensão, não só em lajes planas, mas também em pisos industriais (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

Ainda segundo Chodounksy e Viecili (2007), considerando o fato de que a durabilidade da placa de concreto diminui com o aumento do número de juntas, os custos de manutenção podem ser reduzidos nos pisos protendidos, uma vez que a protensão é um meio eficiente de redução do número de juntas. Nos pisos protendidos a placa pode ter dimensões superiores a 100 metros.

Nos pisos de centros de distribuição com lay-out definido de porta-pallets ou racks, a vantagem dos sistema protendido pode ser ainda maior. É possível executar faixas estreitas (com as juntas construtivas sob os porta-pallets), o que facilita a execução, e bastante longas, ficando desta forma, os corredores de tráfego de empilhadeiras com um número muito reduzido de juntas. Dependendo do lay-out de utilização do piso, um centro de distribuição de área aproximada de 10.000 m², pode ter apenas 300 metros ou menos de juntas sob tráfego de empilhadeiras, ao passo que em um piso convencional, esse índice de juntas seria da ordem de 0,15 m / m². Nesses tipos de galpão industrial, a redução da manutenção dos pisos tem um reflexo bastante positivo no ganho de produtividade nas operações de logística. Outra grande vantagem desse sistema

é o grande controle de fissuração imposto pela protensão. Apesar de não eliminar o risco da ocorrência de fissuras, o fato da placa trabalhar totalmente ou parcialmente comprimida, acarreta na sensível redução da possibilidade de fissuração (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

A figura 3.10 apresenta o perfil de pisos em concreto protendido.

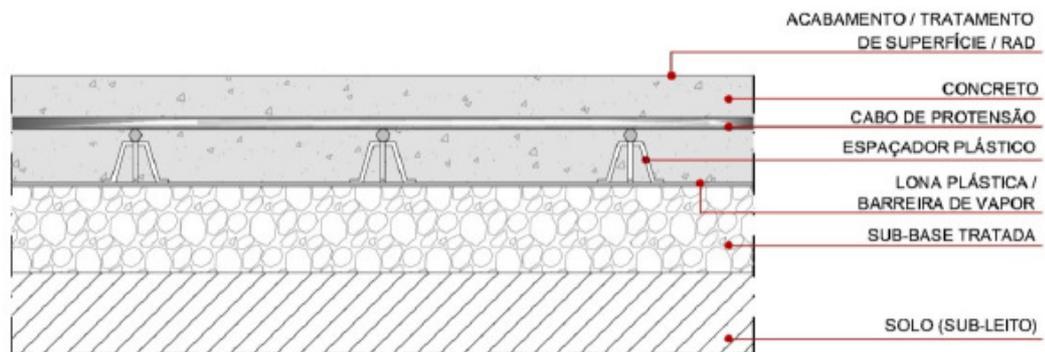


Figura 3.10 – Pavimento de concreto protendido

(Carvalho, 2009)

4. DIRETRIZES DE PROJETO E EXECUÇÃO DE PISO INDUSTRIAL EM CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DE FIBRA

4.1 Descrição do Sistema

Segundo Tamaki (2011), para absorver ou ao menos controlar a tendência de fissuração do concreto, o uso de fibras pode ser muito eficiente. É possível classificá-las de acordo com seu material ou sua função. Separando-as por material, existem as de aço, de vidro e as poliméricas, sendo que estas últimas podem ser microfibras ou macrofibras poliméricas.

As microfibras podem ser de náilon ou polipropileno; as microfibras, no Brasil, são todas de polipropileno.

Ainda segundo Tamaki (2011), no processo de endurecimento do concreto, podem ocorrer diferentes fissuras. Para cada fissura, recomenda-se um tipo de fibra, ou seja, elas exercem funções diferentes. As fissuras iniciais, que ocorrem até as primeiras 24 horas, podem ser combatidas com a microfibra.

Já as fibras estruturais aumentam a resistência residual pós-fissuração do concreto, tornando-o mais dúctil. Estas podem ser de aço ou de macrofibras poliméricas.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), os dois tipos de fibras estruturais, de aço ou macrofibras poliméricas, têm a mesma gama de aplicações. Porém, existe uma faixa de domínio em que cada uma é mais eficiente que a outra. Em cargas leves, como estacionamento de shoppings, de edifícios comerciais, residenciais,

ou seja, pisos com baixa capacidade de carga, as macrofibras poliméricas são um pouco mais competitivas.

Sempre se deve considerar a relação custo-benefício para a escolha do tipo de fibra. Se, por exemplo, for necessário transportar as fibras por uma distância muito grande, as microfibras poliméricas levam vantagem por conta de custo de transporte.

Ainda segundo Chodounsky e Viecili (2007), como o desempenho das fibras varia de material para material, ou mesmo de fabricante para fabricante, o custo unitário menor não será necessariamente a solução de menor custo global. Essa análise de custo versus desempenho tem que ser feita caso a caso, porque a equivalência entre as fibras não é constante, depende do nível de desempenho exigido.

4.2 Aplicação

A grande aplicação das fibras estruturais está nos pisos industriais, pavimentos rígidos e também em estruturas de concreto de túneis. Mas o segmento que mais utiliza as fibras é o de pisos e pavimentos. Nos pisos de concreto apoiados sobre solo, as fibras estruturais podem ser utilizadas em praticamente todos os tipos de obra: áreas comerciais, como pisos de estacionamento de veículos, área de circulação e lojas em shoppings; radiers; pisos de galpões de fábrica; depósitos; câmaras frias; pátios de circulação de empilhadeiras e carretas; ou pátio para depósito de contêineres (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

4.3 Características Técnicas

4.3.1 Cimento

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), o consumo mínimo de cimento deve ser observado. Recomenda-se que ele seja o suficiente para permitir um bom acabamento superficial. Também deve-se evitar cimentos com adições minerais.

4.3.2 Agregados

Quando o dimensionamento do piso é realizado segundo as normas europeias existe uma limitação em relação a dimensão máxima de brita, sendo recomendada a dimensão máxima de 32mm. Recomenda-se também, que o agregado graúdo seja lavado antes do uso, para a remoção de material pulverulento, desta forma também se reduz a retração hidráulica. Deve-se salientar que a retração aumenta quando usa-se diâmetros menores de brita. Em relação aos agregados miúdos deve-se ter cuidado, pois quando a granulometria do agregado indica areias muito grossas ou muito finas, pode vir a surgir problemas na matriz de (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007; DAL-MASO, 2008; RODRIGUES et al., 2006).

4.3.3 Fibras Estruturais

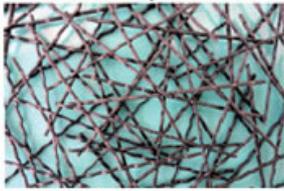
Segundo Chodounsky e Viecili (2007), o uso das fibras estruturais possibilita o incremento da tenacidade do concreto, representada pela energia necessária

para conduzir a peça ao colapso, permitindo ao concreto maiores deformações antes da ruptura.

Os dois tipos de fibras estruturais, de aço ou macrofibras polímeras, têm a mesma gama de aplicações. Porém, existe uma faixa de domínio em que cada uma é mais eficiente que a outra. Em cargas leves, como estacionamento de shoppings, de edifícios comerciais, residenciais, ou seja, pisos com baixa capacidade de carga, as macrofibras poliméricas são um pouco mais competitivas. Mas quando se trabalha com cargas elevadas e pisos muito carregados, as fibras de aço são mais competitivas (RODRIGUES, 2006).

Conforme tabela 4.1 as fibras metálicas mais comuns são feitas a partir do arame trefilado a frio. Também podem ser feitas a partir de chapas cortadas ou arame trefilado e escarificado. Seu comprimento varia entre 30mm e 60mm e, seu diâmetro, entre 0,50mm e 1,05mm. Este tipo de fibra tem resistência à tração de 600 até 1.200 MPa, resistência que aumenta com alto teor de carbono. O módulo de deformação é de cerca de 200 GPa. E as macrofibras poliméricas, compostas usualmente de polipropileno, têm comprimento entre 40mm e 60mm e diâmetro menor que 0,3mm. Apresentam resistência à tração entre 450 e 1.000 MPa e módulo de deformação entre 2 e 10 GPa.

Tabela 4.1 - Informações das fibras de aço e macrofibras polímeras
(Catálogo Arcelormittal, 2012)

	Aço	Macrofibras poliméricas
		
Comprimento	30 – 60 mm	40 – 60 mm
Diâmetro	$0,50 < d < 1,05$ mm	$d < 0,3$ mm
Resistência à tração	600 – 1.200 MPa	450 – 1.000 MPa
Módulo de deformação	200 GPa	2 – 10 GPa
Formato	retas, onduladas, com ganchos	retas, com ranhura
Tratamento	proteção com zinco	tratamento químico para melhorar aderência

Teor mínimo para fibras estruturais:

Para a fibra ser estrutural, mesmo que seja macrofibra polimérica ou fibra de aço, ela tem que ter uma dosagem mínima. Quando utilizadas em baixos teores, as fibras não incrementam a capacidade portante do piso, assim, devem ser empregadas somente para controle de fissuração, e nessa situação não podem ser consideradas estruturais. Há uma relação de tenacidade (relação entre o fator de tenacidade e a resistência à tração na flexão da matriz) mínima de 30% (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

4.3.4 Concreto

Uma recomendação básica é ensaiar o concreto com fibras em laboratório, antes do início da obra. O concreto que receberá as fibras tem características diferentes do sem fibras e, com ensaio anterior, é possível avaliar suas propriedades no estado fresco, como trabalhabilidade, coesão, abatimento, ar incorporado etc., permitindo, assim, que possam ser feitos ajustes com antecedência (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

Se o concreto for bombeado, também devem ser feitos ajustes no traço.

Ainda segundo Chodounsky e Viecili (2007), o concreto com fibras tem o teor de argamassa e abatimento diferentes. A incorporação das fibras acarreta na redução do abatimento, que necessita ser corrigido. Tal correção implica aumento do consumo de água e, conseqüentemente, aumento no consumo de cimento do traço.

A figura 4.1 é o modelo do aspecto do concreto reforçado com fibras.



Figura 4.1 - Aspecto do concreto reforçado com fibras

(Divulgação Macaferri, 2011)

Geralmente, e mais recomendado, é que a mistura das fibras no concreto seja feita ainda na usina, na esteira, subindo simultaneamente agregados e fibras. As fibras, devem estar uniformemente espalhadas, e tanto a adição quanto a mistura precisam de controle (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

A figura 4.2 mostra a adição de fibras sendo adicionado ao concreto na usina.



Figura 4.2 – Adição das fibras na usina de concreto.

(Divulgação Macaferri, 2011)

4.3.5 Barras de Transferência

Segundo Tamaki (2011), as barras de transferência são de aço CA 25, geralmente de seção circular, e lisa, no comprimento padrão de 50 cm e diâmetros que variam de 10 mm a 32 mm. A parte não engraxada da barra deve ter pintura para controlar a corrosão.

4.4 Execução

4.4.1 Regularização do Terreno

Segundo Tamaki (2011), a regularização do terreno é realizada antes da camada de sub-base, de modo a garantir o nivelamento da superfície e remover todo solo

residual. A regularização do solo é feita pela empresa de terraplenagem. Além de conformar o terreno, o solo é compactado para se obter maior resistência.

As camadas do solo são compactadas, na umidade ótima, observando-se alguns fatores que podem afetar a compactação:

- Umidade: corresponde à quantidade mínima de água necessária para atingir a umidade ótima para a compactação;
- Natureza do solo: necessita de equipamento adequado;
- Energia de compactação: será fornecida pela ação dos equipamentos compactadores;
- Número de passadas do rolo compactador e espessura da camada;
- Processo de compactação: pode variar a energia necessária.

Convém salientar que a compactação não deve ser executada com umidade que não seja a ótima, pois pode ocorrer a recusa da camada executada, necessitando de correção de umidade, homogeneização, espalhamento e compactação novamente (TAMAKI, 2011).

4.4.2 Compactação do Solo

Segundo Tamaki (2011), o processo de compactação pode ser por:

- “Compressão: pelos compressores de rodas metálicas com elevado peso e pequena superfície de contato. Indicado para solos granulares, macadames e britas graduadas, sendo que para solos com baixa capacidade de suporte inicial a compactação não fica homogênea;

- Amassamento: com o uso dos rolos pneumáticos com rodas oscilantes e dos rolos pé de carneiro, sendo que o processo gera um adensamento mais rápido do solo;
- Impacto: com equipamentos do tipo sapo mecânico e bate-estacas, utilizados em locais de difícil acesso”.

A escolha do equipamento que irá ser utilizado no campo depende principalmente do tipo de material que se deseja compactar.

A figura 4.3 mostra a sub-base tratada, o posicionamento da lona de polietileno e os espaçadores metálicos.

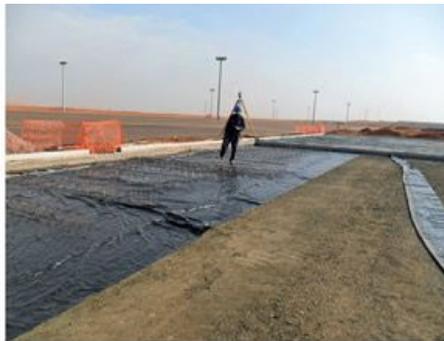


Figura 4.3 - Sub-base tratada, lona de polietileno e espaçadores metálicos posicionados
(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

A figura 4.4 demonstra a aplicação da lona de polietileno.

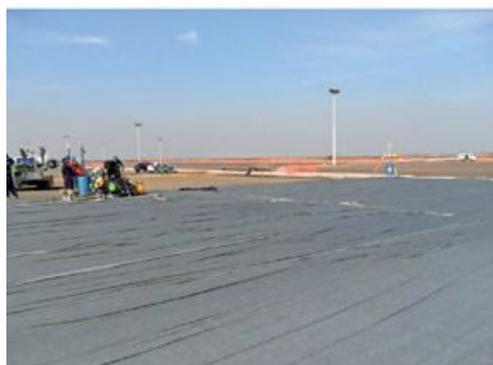


Figura 4.4 - Aplicação de lona de polietileno
(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

A figura 4.5 demonstra a montagem das fôrmas e das barras de transferência com os espaçadores metálicos.



Figura 4.5 - Montagem das fôrmas e das barras de transferência com os espaçadores metálicos
(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

4.4.3 Espessura das Camadas

Segundo Tamaki (2011), as espessuras das camadas (subleito, sub-base, base e revestimento) são determinadas por métodos empíricos de dimensionamento que têm como base o método California Bearing Ratio (CBR):

- Ensaio de penetração CBR;
- Capacidade de suporte do subleito (CBR) e intensidade do tráfego relacionado à espessura mínima para o piso.

Com base na espessura total determinam-se as espessuras das camadas constituintes, multiplicando-se as espessuras obtidas para o material padrão (base granular, por exemplo) pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material (TAMAKI, 2011).

4.4.4 Preparação da Sub-base

Após a compactação do terreno é lançada a sub-base com o material especificado em projeto, de acordo com as cargas a serem consideradas. O material da sub-base pode ser lançado com a utilização de caminhões basculantes ou pás-carregadeiras, e espalhado pelo processo de gradeamento. A compactação da camada pode ser realizada por equipamentos do tipo motoniveladora ou rolo compactador tipo pé de carneiro (TAMAKI, 2011). A figura 4.6 demonstra a preparação de sub-base.

Ainda segundo Tamaki (2011), 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 ou solo melhorado com cimento.



Figura 4.6 – Preparação Sub-base

(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

4.4.5 Camada de Deslizamento

A camada de deslizamento é constituída de lona plástica, polietileno de baixa densidade, colocada em toda área a ser concretada. A principal função dessa camada é permitir a livre movimentação horizontal da placa de concreto, além de evitar a umidade ascendente do solo para o piso de concreto (TAMAKI, 2011).

Segundo Tamaki (2011), para a montagem das fôrmas recomenda-se:

- “Analisar sua rigidez para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto;
- Adotar perfis com os furos laterais alinhados com os encaixes das barras de transferência de cargas;
- Restringir o desvio da linearidade a 3 mm em um comprimento de 5,0 m;
- Posicionar e fixar as fôrmas de borda da laje no nível definido em projeto; a fixação é feita para evitar sua movimentação durante a concretagem, com a utilização de concreto e pontas de ferro ou cunhas de madeira;
- Que sejam constituídas por materiais leves, para garantir o manuseio de equipamentos como Laser Screed, e garantir maior planicidade;
- Evitar o empenamento para não prejudicar o nivelamento;
- Retirar as fôrmas após 12 horas da concretagem ou em período que não ultrapasse 26 horas.
- Que estejam limpas e com desmoldante aplicado antes da concretagem”;

4.4.6 Concretagem

Segundo Tamaki (2011), o concreto para a execução do piso industrial deve ter boa resistência à abrasão, compressão e tração na flexão, além de alta capacidade de deformação e alongamento na ruptura ao longo do tempo.

A resistência mecânica para pisos de concreto é especificada em projeto. A definição dessa resistência mecânica é determinada em função dos esforços atuantes na placa apoiada em um meio elástico. Para os pisos industriais dessa natureza, adota-se um valor mínimo de 30 MPa para o f_{ck} (resistência característica do concreto à compressão) (TAMAKI, 2011).

Segundo Tamaki (2011), a concretagem é constituída dos seguintes processos:

- Lançamento e espalhamento;
- Controle tecnológico;
- Adensamento;
- Nivelamento;
- Acabamento;
- Cura.

Lançamento e espalhamento

Neste tipo de piso, de concreto armado com fibras, nem sempre existirá armadura, somente no caso da necessidade de introdução de reforços em razão das cargas atuantes. Caso haja barras de aço de reforços, não se recomenda posicionar equipamentos pesados sobre elas, devendo o concreto ser lançado por bomba (TAMAKI, 2011).

Segundo Tamaki (2011), além disso, durante o lançamento recomenda-se que:

- “O tempo para lançamento do concreto não seja superior a 90 minutos, para que o acabamento superficial e resistência final não sejam prejudicados;
- A altura de descarga seja controlada para evitar a segregação do agregado;
- A concretagem seja contínua para evitar problemas de juntas ou emendas de acabamento”.

A figura 4.7 demonstra o lançamento e espalhamento do concreto com o laser screed.



Figura 4.7 - Lançamento e espalhamento do concreto com o Laser Screed
(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

A figura 4.8 demonstra a retirada das formas de madeira nas laterais com barras de transferência de carga.



Figura 4.8 - Retirada das fôrmas de madeira nas laterais com barras de transferência de carga
(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

A figura 4.9 demonstra a sub-base tratada com brita graduada simples, barras de transferência e início de acabamento na placa de concreto.



Figura 4.9 - Sub-base tratada com brita graduada simples, barras de transferência e início de acabamento na placa de concreto

(Divulgação Fernandes Engenharia, 2013)

Controle tecnológico

O controle tecnológico assegura o controle das especificações do material junto à concreteira e das características contidas no projeto (TAMAKI, 2011).

Adensamento

Devido às espessuras baixas com as quais os pisos são executados, o adensamento do concreto pode ser realizado com régua vibratórias ou pelo Laser Screed, que são ajustadas em função da consistência do concreto (TAMAKI, 2011).

Nivelamento

O nivelamento é executado com Laser Screed (TAMAKI, 2011).

Acabamento

O acabamento divide-se em regularização da superfície e desempenho mecânico.

A regularização da superfície ocorre após a concretagem, enquanto o concreto ainda se encontra no estado fresco. Para essa regularização, utiliza-se o rodo de corte. Após esse procedimento, e logo que o concreto tenha resistência superficial, inicia-se o desempenho mecânico para aflorar a argamassa à superfície, formando assim a camada de acabamento, sendo executado por acabadoras de superfície, com um ou dois discos de flotação (TAMAKI, 2011).

Cura

O procedimento de cura evita a perda de água rápida e excessiva que pode ocasionar fissuras na placa ou laje de concreto. Para obter melhores resultados, o procedimento de cura deve ser iniciado após a pega final do concreto e deve ser realizada continuamente até que o concreto tenha aproximadamente 75% de sua resistência final. Em geral, a cura inicial é do tipo química, pela aplicação de líquidos retardadores de evaporação, durante o processo de acabamento do piso. Depois faz-se uma cura complementar com a saturação da superfície com água (TAMAKI, 2011).

4.4.7 Execução das Juntas Serradas

Após o acabamento do concreto iniciam-se os cortes das juntas transversais. O corte das juntas serradas deve ter profundidade, aproximadamente, de 1/3 da espessura da placa (TAMAKI, 2011).

4.4.8 Tratamento das Juntas

Comum em pisos industriais, o tráfego de empilhadeiras pode produzir o esborcinamento das juntas. Para evitar que ocorram danos, é comum executá-las com lábios poliméricos, que são reforços de borda à base de resinas epoxídicas e polímeros minerais de alta resistência. Esses materiais junto às placas de concreto tornam o sistema monolítico e de maior resistência (TAMAKI, 2011).

O tratamento das juntas, também conhecido como selagem de juntas, é realizado com técnicas variadas. A definição das aplicações e técnicas se dá em função da área de aplicação e tipo do piso industrial. Como materiais para tratamento podem ser utilizados o epóxi semirrígido, desde que a movimentação do piso seja compatível com a capacidade de deformação do selante e a argamassa epóxi (lábio polimérico) para reforço das bordas das juntas (TAMAKI, 2011).

4.5 Durabilidade e Manutenibilidade

Alguns cuidados deverão ser tomados em relação à manutenção dos pisos industriais para garantir a vida útil da estrutura. A manutenção do piso deve ser estudada desde o início do projeto, pois está diretamente relacionada à utilização do mesmo e aos materiais com os quais será executado. Assim como toda estrutura, o piso deve ser utilizado para a função para que foi concebido, eliminando assim alguns problemas futuros. As principais recomendações são em relação à limpeza, que deve ser realizada com materiais neutros para evitar

aumento da porosidade. As cargas deverão ser as previstas no projeto e as juntas deverão estar sempre limpas e seladas (TAMAKI, 2011).

5. ESTUDO DE CASO

Neste item apresenta-se estudo comparativo para execução de piso industrial em concreto armado e concreto reforçado em fibras de Obra Galpão Industrial. A decisão em executar o piso com a utilização de fibras sintéticas foi tomada a partir do estudo apresentado. As tabelas 5.1 e 5.2 apresentam a comparação de utilização de materiais e seus respectivos valores.

As figuras 5.1 e 5.2 apresentam, respectivamente, o escopo das juntas para utilização de piso industrial utilizando telas e com a utilização de fibras sintéticas.

Tabela 5.1 – Piso Industrial de Concreto Armado com Telas

Opção - Piso Estruturado com Telas Soldadas Dupla					
Carga distribuída - 5 tf / m ² ; Carga pontual - 4,5 tf/apoio ; Carga móvel - 4 tf / eixo					
Descrição	Und.	Quat	P. Unit.	P. Total	
Tela S: Q 159	37 Kg/Peça	Painel	25,21	159,00	4.009,07
Tela I: Q 196	45,7 Kg/Peça	Painel	25,21	196,00	4.942,00
Tela Q 246	57,5 Kg/Peça - reforço pilares	Painel	4,00	246,00	984,00
Aço CA 50 A - 12,50 mm para reforço de pilares - c = 100 cm		Peça	120,00	4,50	540,00
Barra Transferencia Ø 20mm - L=50 cm		Peça	257,33	5,80	1.492,53
Treliça apoio de barra de transferência h= 8 cm	m		154,40	2,90	447,76
Treliça para apoio de tela metálica h= 8 cm	m		441,25	2,90	1.279,63
Posicionamento de tela metálica	Kg		2.085,22	0,95	1.980,96
Espaçador plástico CTL 30	Unidade		882,50	0,45	397,13
Lona terreiro 200 mca simples	m ²		356,53	0,70	249,57
Agregado mineral	sc		35,30	12,00	423,60
Concreto Fck > 30,0 MPa	14 cm	m ³	49,42	260,00	12.849,20
Taxa para bombeamento		m ³	49,42	25,00	1.235,50
					30.830,95
					R\$/m² 87,34

Tabela 5.2 – Piso Industrial de Concreto Reforçado com Fibras

Opção - Piso de Concreto Reforçado com Fibras Sintéticas				
Carga distribuída - 5 tf / m² ; Carga pontual - 4,5 tf/apoio ; Carga movel - 4 tf / eixo				
Descrição	Und.	Quat	P. Unit.	P. Total
Fibra sintética 5,5 Kg/m ³	Kg	305,79	23,00	7.033,08
Barra Transferencia Ø 20mm - L=50 cm	Peça	77,33	5,80	448,53
Tela Q 246 57,5 Kg/Peça - reforço pilares	Painel	4,00	246,00	984,00
Espaçador plástico CTL 30	Unidade	74,00	0,45	33,30
Aço CA 50 A - 12,50 mm para reforço de pilares - c =100 cm	Peça	120,00	4,50	540,00
Treliça apoio de tela reforço de pilar h = 8 cm	M	12,00	2,90	34,80
Treliça apoio de barra de transferencia h= 8 cm	M	46,40	2,90	134,56
Lona terreiro 200 mca dupla	m ²	776,60	0,70	543,62
Agregado mineral	sc	35,30	12,00	423,60
Concreto Fck > 30,0 Mpa 15 cm	m ³	52,95	260,00	13.767,00
Dry Pav 10 Kg/m ³	Kg	529,50	5,50	2.912,25
				26.854,75
				R\$/m² 76,08

A decisão em executar o piso industrial do galpão com a utilização de fibras sintéticas foi tomada a partir da comparação feita pelo estudo realizado. Algumas vantagens relacionadas a seguir:

- Controle de retração na fase plástica (elevado número fibras);
- Substituição das telas e telijas, redução e custo – O estudo acima comprova que ficou 12,89% a menor por metro quadrado comparado a tela metálica;
- Não afloram na superfície, acabamento liso espelhado;
- Facilidade de aplicação, redução de tempo de execução;
- Aumento da resistência na tração na flexão;

Projeto com Escopo das Juntas – Utilização de Fibras Sintéticas

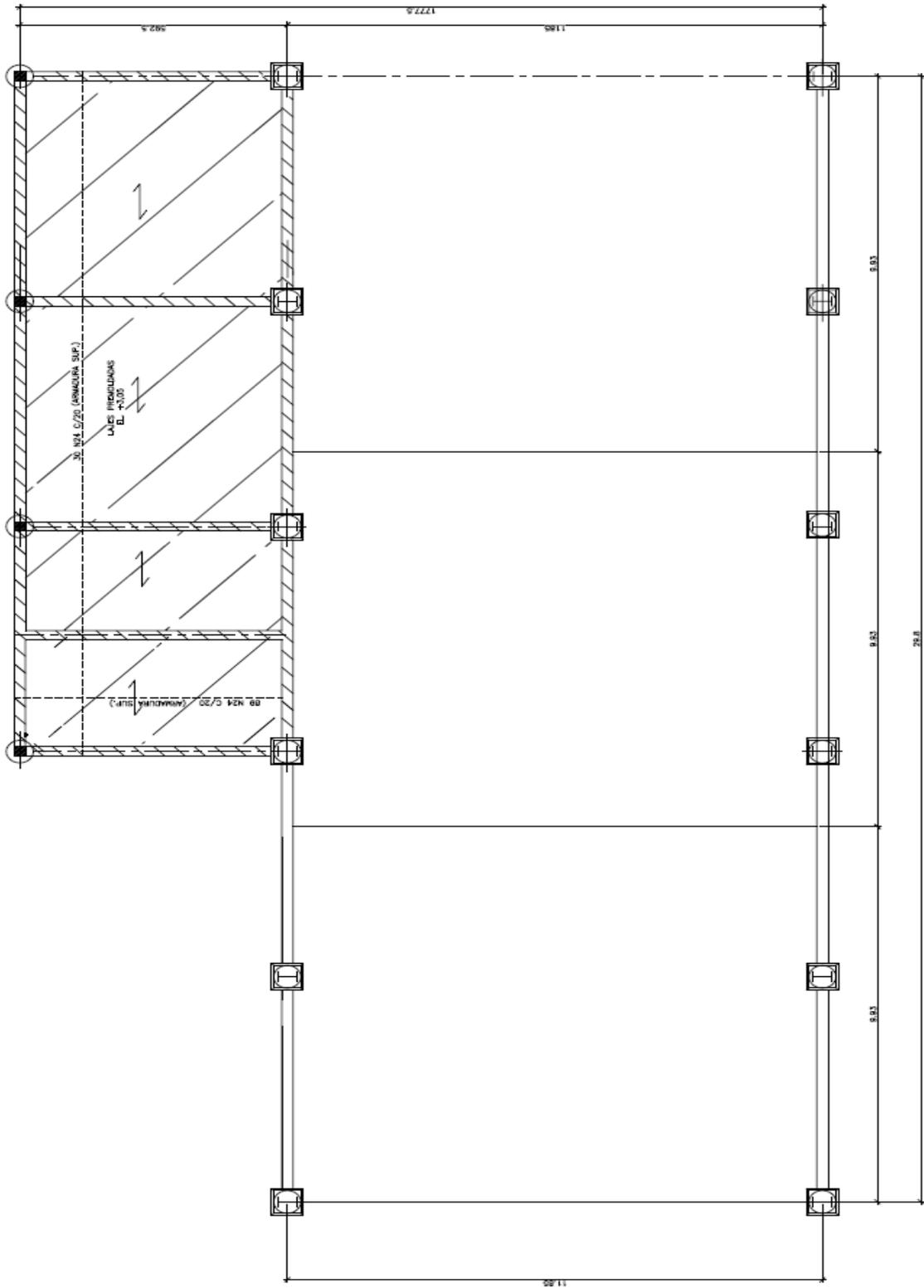


Figura 5.2 – Projeto com Estopo das Juntas - Utilização de Fibras Sintéticas

As figuras abaixo demonstram a execução do piso industrial do estudo de caso apresentado. A figura 5.3 demonstra a colocação da lona de polietileno, a figura 5.4 demonstra o reforço dos pilares com tela, a figura 5.5 demonstra o lançamento do concreto com adição de fibras.



Figura 5.3 - Execução Piso Galpão obra em São José da Lapa – MG – Colocação de Lona
(Própria, 2014)



Figura 5.4 - Execução Piso Galpão obra em São José da Lapa – MG – Reforço Pilares com Telas
(Própria, 2014)



Figura 5.5 - Execução Piso Galpão obra em São José da Lapa – MG – Lançamento Concreto com Fibras

(Própria, 2014)

6 – CONCLUSÃO

Ainda que o concreto seja amplamente utilizado na construção civil, as estruturas construídas com este material podem apresentar patologias devido o seu comportamento frágil. Devido uma relação entre a área e espessura, os pisos industriais podem vir a apresentar alguns problemas como fissuras, a abrasão, o desgaste e o esborcimanto (fraturamento junto às bordas). Esses fatores influem para que a vida útil seja minimizada. Uma das alternativas para minimizar essa característica do concreto nos pisos industriais é a adição de fibras no mesmo. Assim quando a matriz cimentícia é reforçada com fibras, muitas de suas propriedades são alteradas: trabalhabilidade, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, resistência à tração direta, resistência ao impacto, resistência à fadiga, aumento da tenacidade e inibição na propagação de fissuras.

De acordo com estudo realizado, há grandes vantagens na utilização de fibra sintética para execução do piso industrial do galpão. A solução adotada de adicionar fibra sintética ao concreto para a execução do piso industrial do galpão industrial, trouxe entre outros fatores, benefícios diretos ao cliente, como: redução do custo global, desempenho estrutural equivalente ao aço, auxílio ao combate e na redução das fissuras de retração plástica, grande produtividade durante a execução do piso, redução de entulho e de desperdícios de materiais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINA, P.; TEIXEIRA, A. O. F. – **A Arte dos Pisos Industriais – do sistema de damos ao protendido** – Ibracon – São Paulo – 2002.

BINA, P.: TEIXEIRA, A. O. F. – **Como Construir Pisos e Pavimentos Protendidos** – Revista Técnica – Edição nº 55 – São Paulo – 2001.

CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pisos industriais de concreto**. São Paulo: ABCP, 2009.

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

DAL-MASO, Josiano. **Pisos Industriais de concreto com armadura distribuída – projeto e execução**. Santa Maria, 77p. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2008.

FIGUEIREDO, A. D. – **Concreto com Fibras de Aço** – São Paulo – 2000.

NAKAMURA, Juliana. Diferentes concretos para pisos industriais. **Revista Técnica PINI 144ª Ed.; São Paulo, 2009**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br//engenharia-civil/145/artigo131689-1.aspx>> Acesso em 20/06/2015

OLIVEIRA, P. L. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto**. São Carlos, 216 p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

RODRIGUES, P. P. F. ET AL. **Manual Gerdau de pisos insustriais**. Ed. PINI, 1ª Ed., São Paulo 2006. 109p.

RODRIGUES, Público Penna Firme, **Projetos e Critérios Executivos de Pavimentos Industriais de Concreto Armado**, 2006. 102 p. – Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, IBTS – São Paulo, 2006.

SCHMID, M. T. – **Pavimentos Rígidos em Concreto Protendido** – São Paulo – 1997.

TAMAKI, Luciana. Pisos de Concreto Reforçado com Fibras de Aço. **Revista Técnica PINI 163ª Ed.; São Paulo, 2010**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/163/como-construir-piso-industrial-de-concreto-reforcado-com-fibras-285827-1.aspx>> Acesso em 20/06/2015

TAMAKI, Luciana. Reforço de Fibras. **Revista Técnica PINI 170ª Ed.; . São Paulo, 2011**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/163/como-construir-piso-industrial-de-concreto-reforcado-com-fibras-285827-1.aspx>> Acesso em 20/06/2015

VASCONCELOS, A. C. – **Documentário sobre Pavimentos de Concreto
Protendido para Aeroportos e Rodovias** – Ibracon – São Paulo – 1979.