

Monografia

"SOLUÇÕES PARA PISOS INDUSTRIAIS EM CONCRETO ARMADO"

Autor (a): Lorena Diniz Oliveira Balieiro
Orientador (a): Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte

Agosto/2015

Lorena Diniz Oliveira Balieiro

"SOLUÇÕES PARA PISOS INDUSTRIAIS EM CONCRETO ARMADO"

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Construção Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.
Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador (a): Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2015

Ao meu marido Gustavo e meu filho Bernardo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido e filho que foram incentivos para eu concluir esse projeto.

Aos meus pais que sempre me apoiaram e se esforçaram para que minha educação fosse prioridade.

À ArcelorMittal pela oportunidade e por me proporcionar a realização de mais um sonho e capacitar para novos trabalhos.

À amiga Vivian por se preocupar em me ajudar e por me mostrar que esse trabalho não era tão difícil de concluir, bastava começar.

Por fim, aos mestres pelos ensinamentos, sempre incentivando e repassando conhecimentos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo geral	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Estrutura do trabalho	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	Breve histórico da utilização do concreto na execução de pisos.....	3
2.2	O mercado brasileiro de pisos industriais	5
2.3	Diferença entre pisos executados antigamente e na atualidade	7
2.4	Subleito	9
2.5	Sub-bases	9
2.6	Camada deslizante	10
2.7	Tipos de carregamentos	11
2.8	Ações indiretas	11
2.8.1	Retração	11
2.8.2	Dilatação térmica	13
2.8.3	Empenamento.....	13
2.9	Ações diretas.....	14
2.9.1	Cargas móveis	14
2.9.2	Cargas distribuídas	15
2.9.3	Cargas concentradas	16
2.9.4	Cargas lineares	18
2.10	Soluções para pisos em tela soldada	19
2.11	Soluções para pisos em concreto protendido	20
2.12	Soluções para pisos em fibras de aço	23
2.13	Juntas.....	28

2.13.1	Juntas de construção (JC)	28
2.13.2	Juntas serradas (JS)	30
2.13.3	Juntas de encontro (JE)	30
2.14	Barras de transferência	31
3	ESTUDO DE CASO	33
3.1	Levantamento das Informações necessárias.....	33
3.2	Caracterização do solo local.....	34
3.3	Organização dos dados.....	34
3.4	Definição da sub-base	34
3.5	Levantamento das cargas atuantes.....	35
3.5.1	Cargas distribuídas	35
3.5.2	Cargas de empilhadeiras	36
3.5.3	Cargas de carretas	36
3.6	Elaboração do estudo preliminar	36
3.7	Utilização do software Belgo Pisos	36
3.7.1	Entrada de dados dos carregamentos	36
3.7.2	Entrada de dados técnicos.....	38
3.7.3	Interface gráfica e quantidades.....	39
3.7.4	Elaboração da proposta técnica.....	40
3.8	Elaboração do projeto executivo.....	41
3.8.1	Detalhes do projeto executivo	43
3.9	Comparativo: Tela Soldada x Dramix	50
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura básica do piso em concreto	8
Figura 2 - Ação de retração nas placas de concreto	12
Figura 3 - Ação de empenamento nas placas de concreto.....	13
Figura 4 - Ação de empenamento nas placas considerando as variações térmicas do ambiente	14
Figura 5 - Empilhadeiras de rodas rígidas e pneumáticas.....	15
Figura 6 - Esquema de atuação de cargas uniformemente distribuídas.....	16
Figura 7 - Esquema de atuação de cargas concentradas	17
Figura 8 - Estrutura porta- <i>pallets</i> com elevada altura de estocagem.....	17
Figura 9 - Piso de concreto estruturalmente armado.....	20
Figura 10 - Piso de concreto simples com armadura distribuída	20
Figura 11 - Piso de concreto com armadura protendida.....	23
Figura 12 - Esquema de montagem das ancoragens.....	23
Figura 13 - Concretagem de piso protendido	24
Figura 14 - Pavimento de concreto reforçado com fibras	25
Figura 15 - Detalhe do compósito com adição de fibras.....	25
Figura 16 - : Fibra de aço carbono	27
Figura 17 - Perfis de fibra de aço carbono e indicações das variáveis do fator forma	27
Figura 18 - Fibras de vidro e nylon de alto módulo para adição em concretos	28
Figura 19 – Junta de Construção	29
Figura 20 - Detalhe de uma junta de construção com barras de transferência após desforma.....	29
Figura 21 - Detalhe de uma junta serrada e fissuração induzida.....	30
Figura 22 - Detalhe de uma junta de dilatação.....	31
Figura 23 - Barra de transferência	32

Figura 24 – Carga distribuída	37
Figura 25 – Carga de empilhadeira	37
Figura 26 – Carga de carreta	38
Figura 27 – Dados do solo, sub-base, espessura, cobrimento, solo e concreto	39
Figura 28 – Entrada Gráfica	40
Figura 29 – Seção típica da solução gerados automaticamente pelo programa.....	42
Figura 30 – Projeto executivo gerado automaticamente pelo programa.....	44
Figura 31 – Detalhe da junta de Construção	45
Figura 32 – Detalhe da junta Serrada	45
Figura 33 – Detalhe da junta de Encontro	46
Figura 34 – Detalhe do reforço de canto do pilar	46
Figura 35 – Detalhe do apoio da barra de transferência	47
Figura 36 – Esquema de posicionamento das barra de transferência.....	47
Figura 37 – Esquema de posicionamento das barra de transferência nas juntas.....	48
Figura 38 – Preparação do Sub-leito.....	52
Figura 39 – Preparação da Sub-base	52
Figura 40 – Assentamento das formas metálicas e preparação das juntas.....	53
Figura 41 – Adensamento, nivelamento e acabamento do concreto	53
Figura 42 – Nivelamento com régua vibratória simples	54
Figura 43 – Acabadora simples.....	54
Figura 44 – Acabadora dupla	55
Figura 45 – Cura úmida do concreto	55
Figura 45 – Resultado final do piso industrial em concreto armado	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos carregamentos impostos aos pisos industriais.....	11
Tabela 2 - Caracterização dos carregamentos estáticos.....	18
Tabela 3 - Diâmetro e comprimento de barras de transferência.....	32
Tabela 4 – Resumo total do aço gerado automaticamente pelo programa	40
Tabela 5 – Dados técnicos gerados automaticamente pelo programa	42
Tabela 6 – Quantitativos completos gerados automaticamente pelo programa	43
Tabela 7 – Comparativo de custos entre Dramix e Tela Soldada.....	51

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

A/C = Água e cimento

ANAPRE = Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho

CA = Concreto Armado

CBR = *California Bearing Ratio* / Índice de Suporte Califórnia

cm = Centímetros

Fck = Resistência característica do concreto

G.C. = Grau de compactação

IBTS = Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

JC = Junta de construção

JE = Junta de encontro ou expansão

JS = Junta serrada

K = Coeficiente de Recalque

Kg = Quilo

kg/m³ = Quilo por metros cúbicos

M² = metro quadrado

m³ = Metros cúbicos

mm = Milímetros

Mpa = Mega Pascal

N/mm³ = Newton por milímetros cúbicos

NBR = Norma Brasileira

P.M. = Proctor Modificado

P.N. = Proctor Normal

PVC = *Polyvinyl chloride*/ Policloreto de Polivilina

Tf = Tonelada força

Tf/M² = Tonelada força por metro quadrado

RESUMO

Este trabalho oferece soluções para pisos industriais onde são apresentadas as características de pisos em tela soldada, concreto protendido e fibras de aço. É abordada a importância do conhecimento do subleito e da sub-base para um bom desempenho estrutural do piso. São discutidos os tipos de carregamentos existentes e as formas de consideração das forças aplicadas. É analisada a importância das juntas e barras de transferência para execução de um piso industrial em concreto armado. Por fim, um estudo de caso de um galpão industrial demonstra análises comparativas da melhor solução técnica e financeira a ser aplicada conforme o tipo de obra a ser executada.

Palavras-Chave: Piso industrial; piso em concreto; tipos de piso

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da indústria de garantir altos índices de produtividade às suas operações e reduzir custos e paradas para manutenções impôs uma revolução na forma de se projetar e executar pisos industriais. Além de superfícies resistentes, produzidas de forma econômica, almeja-se pisos extremamente planos, com elevada resistência à abrasão, seguros e capazes de suportar condições cada vez mais severas de impacto e esforço.

Os principais fatores que influenciam a decisão da melhor solução para um projeto são: disponibilidade de materiais, de equipamentos e de mão de obra, segurança, durabilidade, economia e tempo. Para escolher a melhor opção é necessário o conhecimento sobre as várias tecnologias existentes. Nesse estudo serão abordadas três diferentes formas de se executar pisos industriais: Concreto Armado com Tela Soldada; Concreto Protendido e Concreto com Fibras de Aço Dramix. O estudo apresentará o detalhamento para a escolha da melhor opção, sendo avaliadas as possibilidades para determinar a melhor solução de projeto.

Os 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 (CICHINELLI, 2011).

A justificativa para esse trabalho se pauta na exigência dos clientes, que está cada vez maior em relação à qualidade e durabilidade. Por isso, a nova concepção sobre a movimentação de materiais nas áreas industriais, bem como a flexibilidade de layout, por exemplo, exigem pavimentos de alto desempenho cuja planicidade e nivelamento cresce de importância.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é analisar três diferentes soluções em pisos industriais de concreto armado para atender obras do tipo galpões, centros de distribuição, supermercados e estacionamentos. O uso dos produtos Tela Soldada, Cordoalha e Fibras de Aço serão apresentados assim como as metodologias e recomendações técnicas para a realização de sua execução, possibilitando a mesma atingir sua vida útil projetada.

1.2 Objetivos específicos

- Descrever soluções para pisos em Tela Soldada
- Descrever soluções para pisos em Concreto Protendido
- Descrever soluções para pisos em Fibras de Aço
- Apresentar um estudo de caso com as soluções propostas

1.3 Estrutura do trabalho

No referencial teórico serão abordadas as soluções para pisos em Tela Soldada, Concreto Protendido e em Fibras de Aço. Será utilizado um estudo de caso para exemplificar as alternativas possíveis e oferecer a comparação da melhor solução através do software Belgo Pisos. Em seguida, serão apresentados os resultados do estudo e as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve histórico da utilização do concreto na execução de pisos

A história do desenvolvimento do concreto armado está relacionada à necessidade de aliar a resistência do aço à durabilidade da pedra. Antes de se estudar e produzir o concreto, os materiais disponíveis para a construção eram somente a madeira e a pedra. Somente muitos séculos depois é que o ferro, o concreto e o aço foram empregados em construções. A vantagens que pode ser atribuída ao aço envolvido pelo concreto é a durabilidade.

O primeiro uso do concreto, feito com cal hidráulica e cimento pozolânico foi associado aos romanos na construção de monumentos e aquedutos. Posteriormente, o concreto voltou a ser utilizado por John Smeaton em 1760, na Grã-Bretanha, para assentamento de pedras em parede de contenção das águas do Rio Calder. Em 1796, o inglês J. Parker fez a reprodução do cimento romano e, quinze anos depois, Vicat produziu cimento pela combustão de queima de argila e cal.

O concreto é um dos materiais utilizados em larga escala na construção civil derivado, principalmente, da patente do cimento Portland por Joseph, na Inglaterra, no ano 1824. Naquela época, a produção do concreto utilizava o cimento Portland, areia, brita e água em abundância.

No século XIX, o concreto foi direcionado em muitas construções como, por exemplo, para moldar arcos, fazer escola, igreja, barco e laje. Mas também houve outras aplicações para o concreto como os tubos, reservatórios, placas planas, pontes, escadas, vigas, colunas, estrada de ferro, calhas de alimentação de água, vasos e canaletas para irrigação.

Em 1870 Thaddeus Hyatt realizou experiências com 50 vigas de concreto armado, que ficaram conhecidas somente com a publicação sete anos depois.

Em 1890, E. L. Ransome construiu, por meio do concreto armado, o Museu Leland Stanford Jr. em São Francisco. Esse edifício possui dois pavimentos e 95 metros de comprimento. A partir daí, a utilização do concreto armado se desenvolveu nos Estados Unidos de forma acelerada.

Em 1903, foi formado um comitê comum de representantes de organizações interessadas em utilizar o concreto armado com o objetivo de uniformizar conhecimentos e técnicas para dimensionamento estrutural.

Com o passar dos anos, o concreto armado foi refinado para diminuir fissuração excessiva. Em 1928, o refinamento efetivado pela introdução parcial ou completa de protensão, desenvolvida pelo pesquisador francês Eugene Freyssinet, estabeleceu a prática do uso do concreto protendido.

A partir de 1950, o comportamento de alguns elementos em concreto armado já era conhecido e passaram a ser elaboradas normas sobre dimensionamento de estruturas em concreto armado, conforme restrições geográficas e climáticas de cada região. As atualizações eram constantes para atender as necessidades de novas aplicações e redução de custos, sem perda de segurança.

Em torno do ano 1960, começou-se a utilização do concreto de alta resistência (30 MPa) em estruturas de edifícios altos na cidade de Chicago e, em 1965, obteve-se a primeira obra em concreto de alta resistência (53 MPa): o Edifício Lake Point Tower.

O desenvolvimento do aditivo dispersante no início da década de 1970, no Japão e na Alemanha e seu aprimoramento com a chegada da sílica ativa no início da década seguinte, impulsionou o concreto de alto desempenho.

No final de 1990 foi desenvolvido no Canadá uma nova concepção de concreto, produzido com Pós-reativos, permitiu a resistência à compressão em

torno de 800 MPa.

Com o avanço da tecnologia de dosagem e uso de novos aditivos em sua composição, é ampliada a utilização do concreto protendido para construção de edifícios, pontes, túneis, paredes de contenção, reservatórios, barragens e várias outras estruturas.

Muitos países utilizam pavimentos de concreto nas estradas de primeira categoria e em vias urbanas de alto tráfego. No Japão, Alemanha, Itália, Inglaterra e Bélgica, aproximadamente 50% das estradas são de concreto, enquanto nos Estados Unidos a percentagem é de cerca de 26%.

No Brasil, em meados de 1990, os pavimentos de concreto executados em construções como as rodovias, portos e aeroportos e também como corredores de ônibus e pisos industriais, tiveram um impulso marcante, quando passou a ser objeto crescente de interesse nos meios rodoviários brasileiros.

Devido ao crescimento da indústria do petróleo, houve entre 1960 e 1990 uma estagnação na construção de pavimentos de concretos favorecendo a pavimentação asfáltica na América Latina.

A partir do ano de 1998, com a compra de pavimentadoras e usinas modernas, o pavimento de concreto vem sendo empregado na execução de pavimentação rodoviária no Brasil. Outra oportunidade de aplicação é em pisos industriais, uma vez que atende às exigências de planicidade e nivelamento destas áreas.

2.2 O mercado brasileiro de pisos industriais

O mercado brasileiro de pisos industriais evoluiu expressivamente de 2000 a 2012 alavancado, principalmente, pelo desenvolvimento da economia brasileira, do setor industrial e da construção. A estimativa dessa fatia de mercado no país

era de 24 milhões de m² por ano. Todavia, menos de 1/6 (4,5 milhões de m²) dos projetos de pisos eram considerados apropriados quanto às especificações técnicas e controles.

Com a mudança na dinâmica do mercado de pisos no Brasil, a disponibilidade de novos materiais e equipamentos, a melhoria e o desenvolvimento de procedimentos executivos para proporcionar maior qualidade ao piso, houve uma nova perspectiva para esse mercado. O perfil das empresas executoras foi alterado assim como a conscientização dos profissionais desse setor sobre a importância do piso de concreto para o melhor funcionamento de operações industriais e de logística. Além disso, a entrada de empresas multinacionais no mercado brasileiro contribuiu para elevar o nível de exigência técnica dos pisos de concreto.

Em novembro de 2011 a Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE) contratou uma empresa especialista em pesquisas mercadológicas no segmento da construção para estimar o tamanho do mercado de piso industrial no Brasil. Esse levantamento era para apurar a quantidade de metros quadrados de piso executados em 2011 para os seguintes tipos de obras: comercial (atacadistas, varejo), industrial e de logística (centros de distribuição).

Quatro fontes referenciais foram utilizadas. Os *players* do mercado (projetistas e executores de piso) por meio de entrevistas para entender sua percepção do tamanho do mercado tecnicamente formal e informal. As associações setoriais de materiais (ligadas à produção de piso) também por meio de entrevistas para o levantamento de dados sobre a relevância desse mercado para cada insumo e de quanto o mercado de piso industrial representa em seu consumo total. Os fornecedores de insumo para piso por meio de entrevistas para estimar diretamente o mercado de piso, a partir da segmentação realizada pelos próprios fornecedores. E as fontes secundárias pela utilização de dados secundários para confrontar as informações primárias coletadas.

O resultado consolidado da pesquisa aferiu o indicador de 42 milhões de m² como o total do mercado de pisos industriais no Brasil.

Em relação a 2010, houve uma estimativa de crescimento de 7 milhões de m² não apenas em área construída, mas também no aumento da formalidade técnica, entendida pela ANAPRE como pisos que foram executados sob as normas, critérios e especificações de projeto.

Em 2011, o mercado de pisos industriais movimentou R\$ 4,2 bilhões em um leque amplo de empresas. Para a ANAPRE, a curva de crescimento deste mercado é consistente, mas requer investimentos para os próximos anos a fim de responder aos desafios vindouros.

2.3 Diferença entre pisos executados antigamente e na atualidade

Segundo Braga e Módena (2007, p.1), os pisos de antigamente apresentavam as seguintes características:

- Não possuíam projeto específico e detalhamentos.
- Não possuíam preocupação com estudos do solo.
- Grandes espessuras de concreto.
- Alto índice de juntas.
- Baixa produtividade de execução (damas).
- Empoeiramento e desgaste superficial prematuro intenso.
- Utilização de vergalhões ou concreto simples.
- Altos índices de fissuração.
- Quebras das bordas (quinas).
- Mau acabamento superficial – manual.
- Falta de cura adequada do concreto.
- Altíssimo índice de manutenções corretivas.

Segundo Braga e Módena (2007), na atualidade, as características dos

pisos são representadas por:

- Estudos específicos do solo através de sondagens, CBR, etc.
- Dimensionamento adequado das camadas de base, concreto, armaduras, etc.
- Execução de projetos específicos com metodologias, especificações, recomendações, paginação de juntas, etc.
- Preparo adequado do terreno (subleito, sub-base, base).
- Camada de base apropriada bem nivelada e compactada.
- Especificações e dosagens racionais do concreto (estudo específico).
- Uso de equipamentos adequados para execução do piso.
- Baixo índice de juntas – placas de maiores dimensões.
- Alta produtividade diária de lançamento, adensamento e acabamento.
Execução em faixas.
- Desgastes, fadigas e fissuras reduzidas.
- Preocupação com índices de planicidade e nivelamento.
- Cura úmida ou química executada com muito critério.
- Acabamento superficial de boa qualidade - mecanizado.
- Vida útil prolongada.

Os pisos de concreto apoiados sobre solo são constituídos pela estrutura básica representada através da Figura 1.

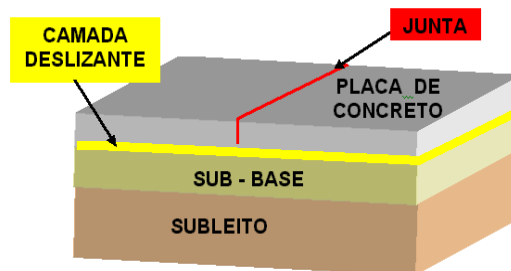


Figura 1 – Estrutura básica do piso em concreto
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal

2.4 Subleito

Na construção de um pavimento as características do material do subleito tornam-se extremamente relevantes, no que concerne a capacidade de suporte do terreno de fundação, que se caracteriza pela sua capacidade de reação, determinante no cálculo da espessura e armação da placa de concreto.

O módulo de reação (k) indica somente a qualidade da camada superficial do solo de fundação.

Entretanto somente este parâmetro não é suficiente para garantia de um desempenho adequado do pavimento. O comportamento do solo é modificado pelas características próprias do material, ou seja, granulometria, textura, forma dos grãos, composição mineralógica e índices de consistência do material, e pela relação destes índices com a umidade, compactação, etc.

Segundo Choudounsky (2007, p.61), o conhecimento mesmo que básico dos solos fornece subsídios para a seleção de ensaios de caracterização em laboratório, permitindo ao projetista otimizar as soluções refletindo em maior segurança e durabilidade.

2.5 Sub-bases

As sub-bases, constituídas de solo natural, solo importado ou material granular, são de fundamental importância para o bom desempenho estrutural do piso. No entanto, dados as funções a que se destinam, devem ter características específicas e controladas (CHODOUNSKY, 2007, P. 93).

Elas devem sempre ser empregadas, exceto nos pisos com baixos carregamentos e onde o subleito apresente suporte homogêneo e elevado granulometria isenta de finos plásticos e clima predominante seco (CHODOUNSKY, 2007, P. 93).

As sub-bases apresentam as seguintes funções básicas (Pitta, 1988,a): “Eliminar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de bombeamento de finos; evitar os efeitos prejudiciais devido a mudanças excessivas de volume do subleito e uniformizar e tornar razoavelmente constante o suporte da fundação”.

As sub-bases são elementos estruturais intermediários entre as placas de concreto e o subleito, formado pelo terreno natural ou por solo trocado, devidamente compactado, e são de importância primordial ao desempenho do piso.

A etapa de compactação da sub-base deve ser finalizada antes do assentamento das formas, fundamentalmente em pisos com requisitos elevados de planicidade e nivelamento. Em nenhuma hipótese será permitida a passagem de rolos compactadores vibratórios, em áreas adjacentes a formas assentadas e a pisos recém-concretados.

Quando houver necessidade de se executar camada de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas serão divididas em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada será de 10 cm, após a compactação.

Para aceitação da etapa, admite-se variações máximas de 10% na espessura e de 7 mm no nivelamento da sub-base em relação aos valores especificados no projeto (SENEFONTE, 2007).

Tipos de sub-base:

- Sub-bases granulares - granulometria aberta e fechada.
- Sub-bases tratadas - com cimento e com outros aditivos.

2.6 Camada deslizante

São constituídas por lona de polietileno, em camada simples ou dupla,

tem por objetivo reduzir o atrito entre a placa de concreto e a sub-base. (CHODOUNSKY, 2007, P. 22).

2.7 Tipos de carregamentos

Uma das informações essenciais para dimensionar corretamente um piso industrial é o tipo de solicitação ao qual o mesmo estará submetido. O comportamento dos pisos pode variar à medida que diferentes situações de carregamentos são impostas.

A classificação dos carregamentos estão ligadas à natureza dos esforços aos quais as placas estão sendo solicitadas. A Tabela 1 mostra a classificação adotada para esse trabalho.

Tabela 1 - Classificação dos carregamentos impostos aos pisos industriais
Fonte: Cristelli, 2010

Ações indiretas	Retração	Secagem
		Autógena
		Plástica
	Dilatação térmica	
	Empenamento	
Ações diretas	Móveis	
	Estáticas	Distribuídas
		Concentradas (pontuais)
		Lineares

2.8 Ações indiretas

2.8.1 Retração

O fenômeno da retração hidráulica ocorre quando há redução dos volumes dos produtos provenientes da hidratação ou quando a água presente no concreto e que sobrou da hidratação do cimento e que está livre nas cavidades, começa a evaporar causando uma redução do volume do concreto. Essa retração

será tanto maior quanto maiores forem as dimensões da placa de concreto, pois, essa terá uma área exposta maior.

Se ocorrer de forma excessiva a fissuração acarretará o surgimento de fissuras na placa de concreto, podendo se não disciplinadas por juntas, levar à ruptura funcional do pavimento.

Segundo Rodrigues *et al.* (2006) a retração será maior quanto maiores forem os seguintes fatores:

- Consumo de água;
- Relação água/cimento;
- Teor de adição mineral;
- Volume dos agregados;
- Módulo de elasticidade do agregado;
- Teor de finos/argamassa;
- Absorção.

Segundo Chodounsky (2007) para cimentos comuns a retração máxima aos vinte e oito dias deve ser de 0,03% e para cimentos compostos deve ser de 0,04%.

A Figura 2 ilustra o processo de retração nas placas de concreto.

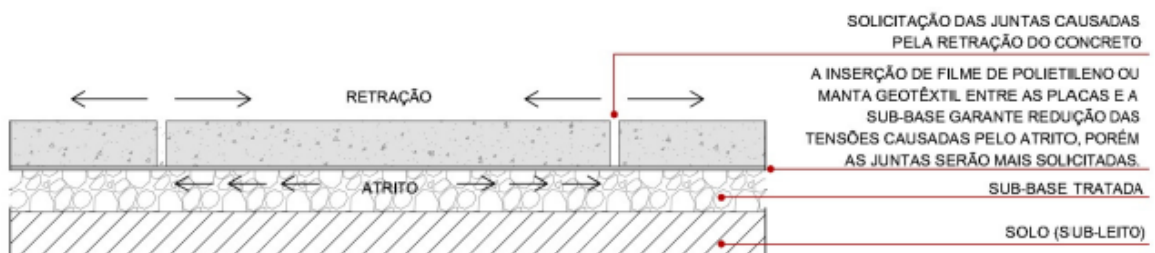


Figura 2 - Ação de retração nas placas de concreto
Fonte: Cristelli, 2010

2.8.2 Dilatação térmica

Em termodinâmica, dilatação térmica é o nome que se dá ao aumento do volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, o que causa o aumento no grau de agitação de suas moléculas e conseqüentemente aumento na distância média entre as mesmas. Essa variação de volume gera tensões de tração e compressão internas nas placa de transmissão. Quando há um acréscimo na temperatura, a placa tende a aumentar de volume, sofrendo uma ação contrária de compressão devido ao atrito, e quando há uma queda na temperatura, ela tende se retrair, sendo tracionada pela força de atrito.

2.8.3 Empenamento

Relação entre a dilatação térmica e a espessura da placa de concreto. As condições de temperatura do ambiente são absorvidas gradativamente ao longo da espessura do material, resultando em diferentes tensões na superfície superior e inferior da placa, que apresentam variações de volume de maneira heterogênea.

As Figuras 3 e 4 ilustram o processo de empenamento das placas de concreto.

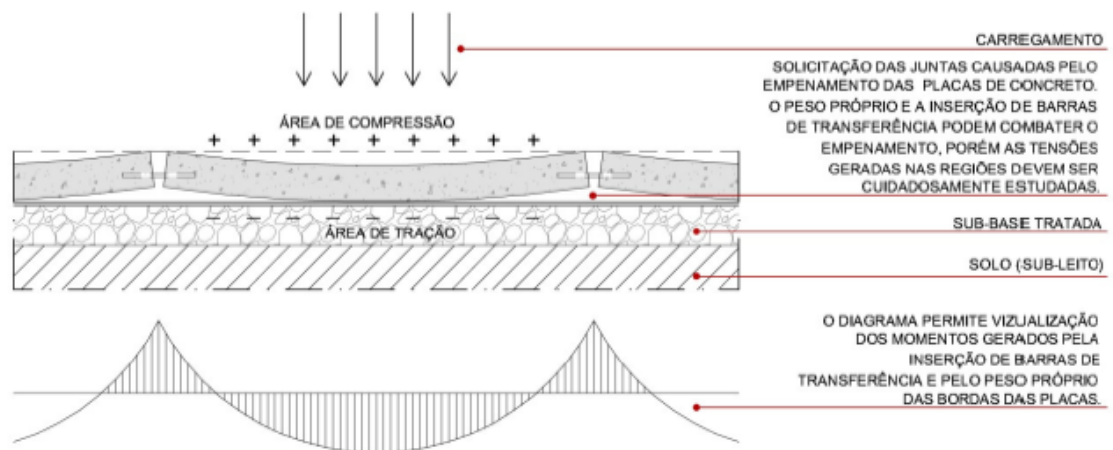


Figura 3 - Ação de empenamento nas placas de concreto
Fonte: Cristelli, 2010

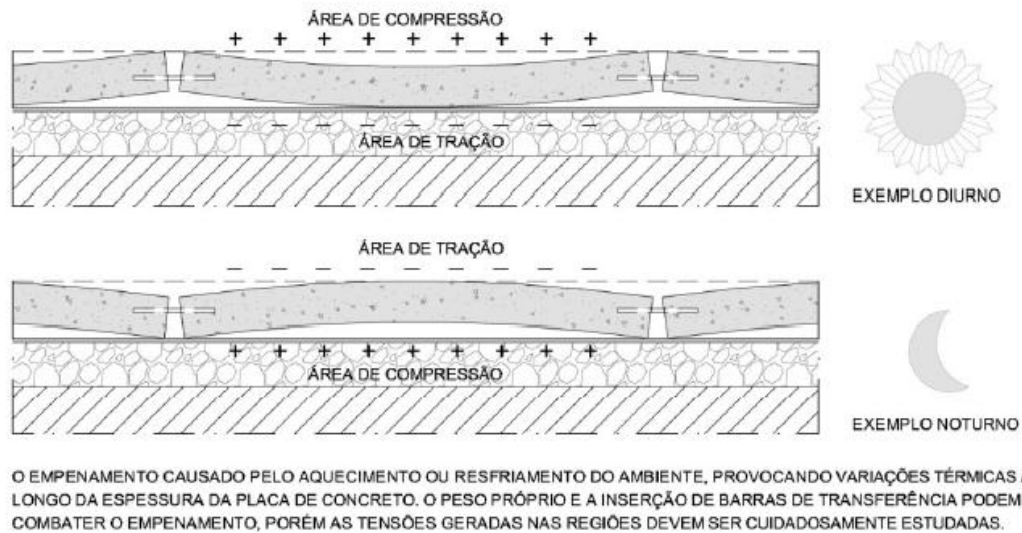


Figura 4 - Ação de empenamento nas placas considerando as variações térmicas do ambiente
 Fonte: Cristelli, 2010

2.9 Ações diretas

2.9.1 Cargas móveis

Os carregamentos móveis que atuam em pisos industriais geralmente são de curta duração e frequência elevada, devendo ser estudados sempre com base na fadiga do sistema do piso.

As cargas móveis são procedentes do tráfego de empilhadeiras e transpaleiras sendo importante a consideração não somente das cargas, mas também do número de solicitação e da posição na placa.

O cuidado com as juntas é fundamental além do controle da sobrecarga imposta ao sistema do piso por estes maquinários, pois são os pontos onde se manifestam as principais patologias de esborcinamento geradas por esses carregamentos e impactos nas extremidades das bordas das placas. Por isso o posicionamento dado pelo projeto geométrico deve considerar o menor número possível de juntas nas áreas de tráfego. Se necessárias devem ser

especificadas e detalhadas a fim de minimizar a ocorrência dessas patologias.

Segundo Chodounsky (2007) os parâmetros importantes para o dimensionamento do piso são:

- Carga no eixo mais carregado;
- Espaçamento e número de rodas (rodagem simples ou dupla) no eixo crítico;
- Área de contato das rodas com a superfície do piso, definida pela pressão de enchimento dos pneus, no caso de empilhadeiras de rodagem pneumática, ou pela própria área de contato, nos casos de empilhadeiras com rodas maças. Ver Figura 5.



Figura 5 - Empilhadeiras de rodas rígidas e pneumáticas
Fonte: Sites www.castell.com.br e www.emptron.com.br , 2015

2.9.2 Cargas distribuídas

Os pisos onde há um grande volume de mercadorias diretamente apoiadas, como estoque de *pallets*, depósito de madeiras e estoque de bobinas de papel, constituem cargas uniformemente distribuídas. Esse tipo de carregamento, conforme ilustrado pela Figura 6, distribui os esforços em grandes

áreas em uma intensidade de até 20 tf/m².

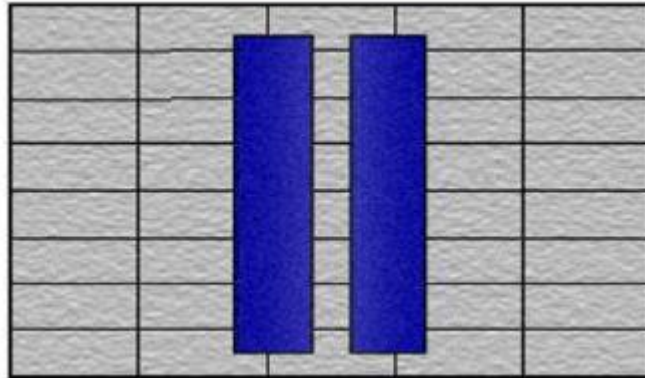


Figura 6 - Esquema de atuação de cargas uniformemente distribuídas
Fonte: Oliveira (2000)

Como resultado desse carregamento tem-se o surgimento de grandes momentos negativos nas bordas das placas ou nos corredores livres, o que pode gerar fissuras na placa. Nesses corredores pode-se ter uma redução do momento na medida em que o tráfego das empilhadeiras neutraliza parte do momento negativo (OLIVEIRA, 2000).

Ainda segundo o autor,

outro fator importante é a possibilidade de recalques no piso devido às pressões excessivas que levam ao adensamento de camadas colapsíveis do solo de fundação. O aumento da espessura da camada de concreto não é solução para o adensamento, pois não reduz consideravelmente a pressão no solo, à medida que esta é o somatório do peso próprio do concreto e do carregamento.

2.9.3 Cargas concentradas

A verticalização dos estoques e armazenagem de mercadorias em prateleiras e racks, com apoios pequenos e com altura superior a 10 metros, podem originar cargas concentradas. Essas cargas podem chegar a 20 t nos

apoios conforme mostra a Figura 7.

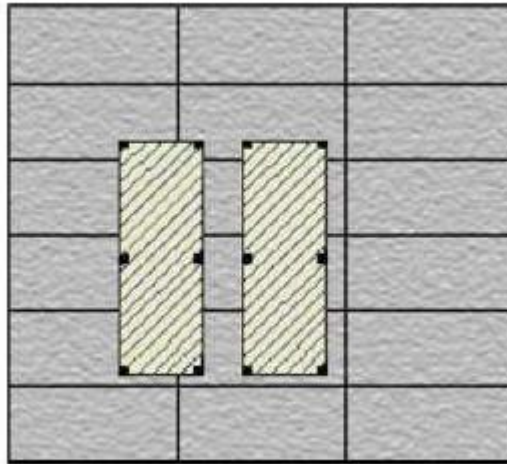


Figura 7 - Esquema de atuação de cargas concentradas
Fonte: Oliveira (2000)

A Figura 8 ilustra uma estrutura porta-*pallets* com elevada altura de estocagem.



Figura 8 - Estrutura porta-*pallets* com elevada altura de estocagem
Fonte: Site Aguiá Sistemas de Armazenagem , 2015

Segundo Oliveira (2000), esse tipo de carregamento gera momentos máximos positivos na placa de concreto. Quando os montantes são posicionados

de maneira consecutiva há uma sobreposição de esforços que podem levar a efeitos de carregamentos 100% maiores. Uma boa solução para carregamentos concentrados elevados é a utilização de armaduras na parte inferior ou a adoção de uma espessura maior da placa.

2.9.4 Cargas lineares

Esse é o efeito típico que uma parede apoiada diretamente sobre o piso sem o apoio de vigas causa no pavimento. Poderia ser considerada uma carga concentrada se não fosse uma dimensão do carregamento muito maior que a outra (OLIVEIRA, 2000).

Para a carga posicionada no centro da placa, a tensão máxima de tração ocorre diretamente sob a linha de aplicação da força por unidade de comprimento, na face inferior da placa. Quando posicionada perto de uma das bordas, a carga linear gera uma tensão máxima na face superior da placa, a uma distância próxima ao raio de rigidez relativa (CHODOUNSKY, 2007, P. 45).

A Tabela 2 resume os tipos de cargas estáticas.

Tabela 2 - Caracterização dos carregamentos estáticos.
Fonte: Cristelli, 2010

Carregamentos Estáticos	Definição	Comportamento estrutural	Exemplo
Cargas Lineares	Esforços concentrados em grande extensão.	Aumento das tensões internas da placa causado por momento fletor.	Alvenarias apoiadas sobre placas de concreto sem vigamento inferior.
Cargas Distribuídas	Distribuição dos esforços em grandes áreas.	Elevada solicitação de resistência mecânica do piso e necessidade de grande capacidade de suporte do sistema do piso no regime elástico.	Estocagem de pallets / Depósito de grãos
Cargas Concentradas ou Pontuais	Concentração dos esforços em pequenas áreas.	Elevado esforço cortante. Efeitos de puncionamento nas placas de concreto. Superposição dos esforços. Evita-se a disposição dos apoios nas proximidades das bordas.	Base de estantes que apresentam apoio com área reduzida

2.10 Soluções para pisos em tela soldada

Este tipo de pavimento é caracterizado por possuir armadura positiva na parte inferior da placa, responsável por combater os esforços de tração gerados pelos carregamentos, e armadura no terço superior das placas, responsável por controlar as fissuras causadas por tensões de retração.

Em pisos com grandes carregamentos, geralmente utilizados em indústrias e centros de distribuição onde há circulação de carretas e empilhadeiras no transporte de cargas elevadas, as telas soldadas são posicionadas nas duas faces da placa de concreto, conforme mencionado acima. As placas de concreto estruturalmente armado possuem, em média, 15 metros de comprimento e de 14 a 16 centímetros de espessura. A Figura 9 ilustra uma seção de pavimento de concreto estruturalmente armado.

Já os pisos para pequenos carregamentos, aqueles utilizados para cargas de veículos leves nos estacionamentos ou de pessoas em passeios públicos, como calçadas e shoppings, podem ser armado com telas somente na face superior com o objetivo principal de combater as tensões de retração do concreto. Quanto às dimensões da placa de concreto, Oliveira (2000) afirma que a armadura distribuída possibilita a execução de placas de concreto de 6 metros de largura por 30 metros de comprimento, porém é comum adotar 15 metros como sendo um comprimento usual para esse tipo de piso. A Figura 10 ilustra uma seção de pavimento de concreto simples com armadura distribuída.

Os pavimentos de concreto estruturalmente armados, que possuem duas malhas de armadura, uma inferior e outra superior, podem ser mais vantajosos que os pavimentos de concreto simples com armadura distribuída, que possuem apenas uma malha superior, pois apresentam menor espessura de concreto e maior espaçamento entre as juntas.

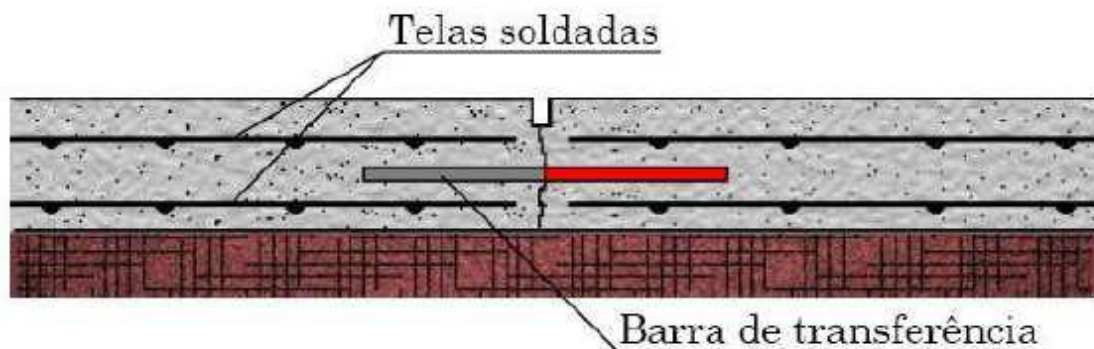


Figura 9 - Piso de concreto estruturalmente armado
 Fonte: Oliveira (2000)

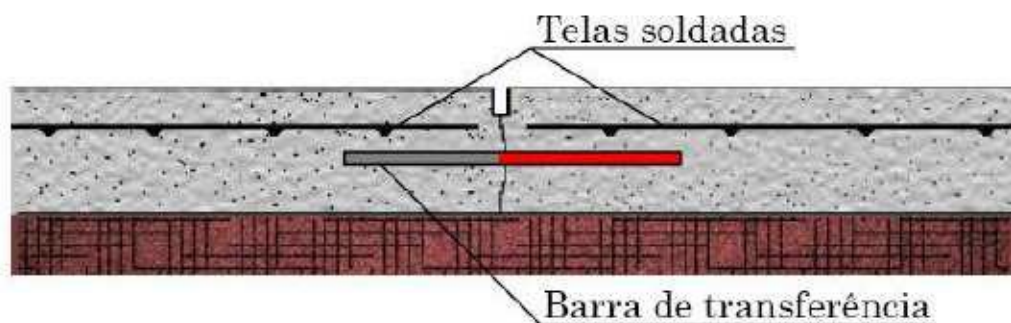


Figura 10 - Piso de concreto simples com armadura distribuída
 Fonte: Oliveira (2000)

A concretagem das placas exige juntas com presença de barras de transferência, o que garante ao piso um comportamento estrutural mais uniforme, através da transferência dos esforços na região das bordas.

A adoção de telas soldadas em painéis permite o correto posicionamento da armadura eliminando a necessidade de correções do posicionamento ideal dos fios e barras, além de serem padronizadas gerando ganho de produtividade à obra. As telas são posicionadas somente nas regiões da placa de concreto onde ocorrem as tensões de retração e tração na flexão, permitindo a otimização da espessura do piso e do consumo de armadura.

2.11 Soluções para pisos em concreto protendido

O piso de concreto protendido usa armaduras de cordoalhas de aço engraxado, que são tracionadas por macaco hidráulico, transferindo o esforço à placa de concreto, por meio de ancoragens situadas nas extremidades, após o concreto adquirir resistência mínima para o processo de protensão. A Figura 11 ilustra uma seção do piso de concreto com armadura protendida e a Figura 12 o esquema da montagem das ancoragens.

A protensão não altera os esforços solicitantes das peças provocados pelo seu peso próprio e pelo carregamento atuante. A força de protensão age em sentido contrário ao carregamento e equilibra seus efeitos, diminuindo drasticamente as deformações e fissuração. Portanto, protender significa aplicar esforços que neutralizam os efeitos das cargas externas sobre as estruturas.

Segundo Senefonte (2007), a resistência do concreto à tração neste tipo de sistema de piso é controlada pela protensão, que gera cargas de compressão horizontais nas placas de concreto, aumentando sua resistência e reduzindo sua espessura. Em função disso, a placa comprimida apresenta baixos índices de permeabilidade e menor susceptibilidade à ocorrência de trincas e fissuras.

Segundo Rodrigues *et al.* (2006), o desenvolvimento das técnicas e materiais de proteção como as cordoalhas engraxadas e plastificadas impulsionou o mercado dos pisos industriais para aplicações de pisos de concreto protendido.

Como resultado da utilização dessa tecnologia se pode obter a redução significativa do número de juntas de dilatação, tendo placas com dimensões superiores a 100 m.

Em função do número reduzido de juntas, o sistema protendido apresenta menores riscos de patologias causadas pelo mau funcionamento destes elementos. Assegura-se baixo custo de manutenção e maior durabilidade,

favorecendo a operação e tráfego de equipamentos móveis.

Em relação ao concreto armado convencional, o concreto protendido apresenta as seguintes vantagens:

- reduz as tensões de tração provocadas pela flexão e pelos esforços cortantes;
- maior durabilidade, devido a uma redução da incidência de fissuras, podendo até mesmo eliminá-las;
- reduz as quantidades necessárias de concreto e de aço, devido ao emprego eficiente de materiais de maior resistência;
- a protensão aplica momentos fletores em sentido contrário ao das cargas, abatendo-as, permitindo vencer vãos maiores que o concreto armado convencional; para o mesmo vão, permite reduzir a altura necessária da viga;
- facilita o emprego generalizado de pré-moldagem, uma vez que a protensão elimina a fissuração durante o transporte das peças;
- as estruturas por serem menos deformáveis podem ser mais esbeltas, o que favorece no conforto estético;
- durante a operação da protensão, o concreto e o aço são submetidos a tensões em geral superiores às que poderão ocorrer na viga sujeita às cargas de serviço. A operação de protensão constitui, neste caso, uma espécie de prova de carga da viga.

O sentido econômico do concreto protendido consiste no fato de que os aumentos percentuais de preços são muito inferiores aos acréscimos de resistência utilizáveis, tanto para o concreto como para o aço.

Além disso, graças ao trabalho efetivo de toda a seção obtém-se em relação às estruturas de concreto armado a economia de 15 a 30% no consumo de concreto e economia em torno de 60%, em peso, no consumo de aço, sobretudo por sua melhor qualidade.

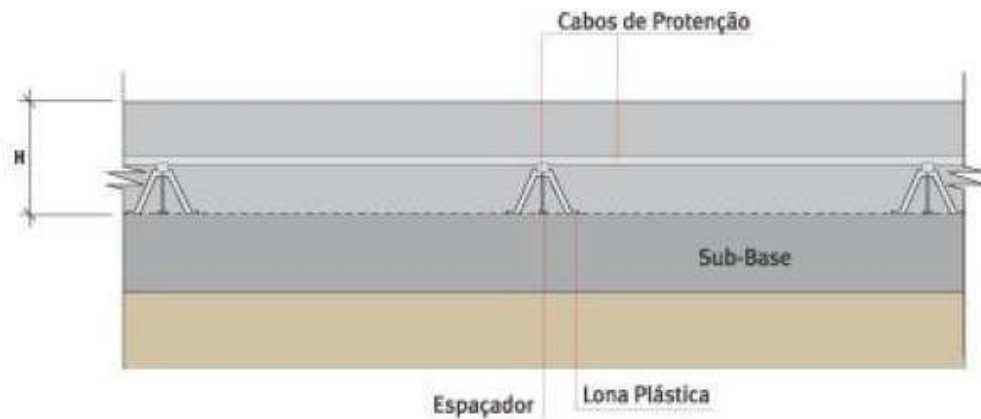


Figura 11 - Piso de concreto com armadura protendida
 Fonte: Oliveira (2000)

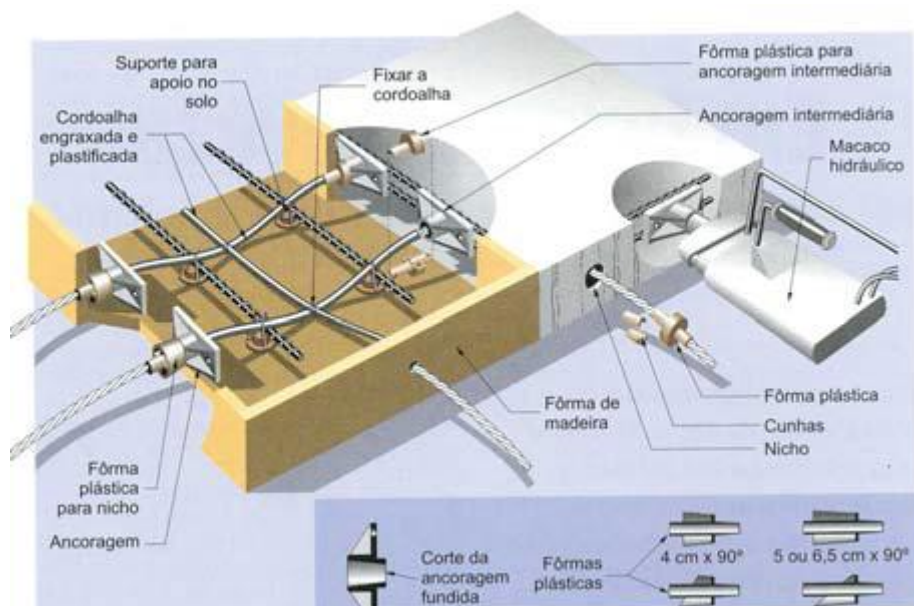


Figura 12 - Esquema de montagem das ancoragens
 Fonte: revista concreto

A Figura 13 mostra a concretagem de um piso com cordoalha engraxada.

2.12 Soluções para pisos em fibras de aço

Segundo Rodrigues *et al.* (2006), esta tecnologia chegou ao Brasil a partir da década de 1990, promovendo grande avanço na engenharia de pavimentação industrial, e permitindo aperfeiçoamento de técnicas de dimensionamento baseadas na escola européia.



Figura 13 - Concretagem de piso protendido
Fonte: site www.pisosindustriais.com.br , 2015

Chodounsky (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.

O diferencial desse pavimento em relação ao piso simples com armadura distribuída, refere-se ao fato de que o reforço com fibras descontínuas e aleatoriamente distribuídas na matriz são responsáveis pelo controle da fissuração nas placas de concreto, alterando o seu comportamento mecânico após a ruptura da matriz e melhorando consideravelmente a capacidade de absorção de energia do concreto - ou seja, sua tenacidade, melhorando a característica do material de frágil em dúctil. Isto ocorre porque as fibras criam pontos de transferência de tensões através das fissuras, preservando certa capacidade portante das seções.

A Figura 14 mostra o perfil do pavimento de concreto reforçado com fibras.

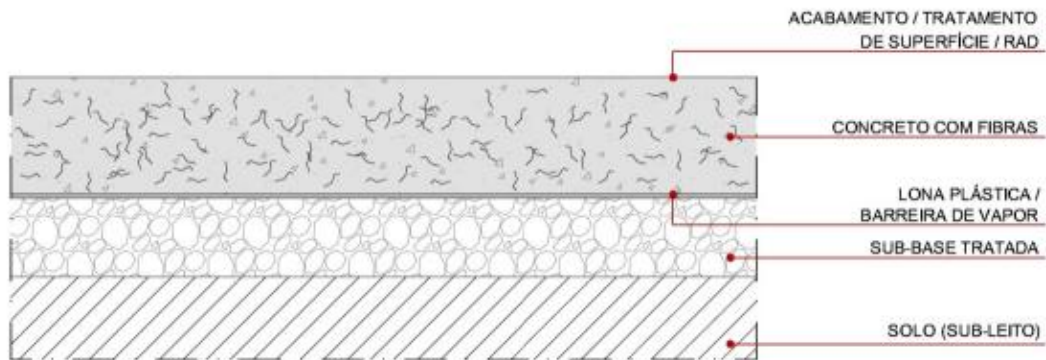


Figura 14 - Pavimento de concreto reforçado com fibras
 Fonte: Cristelli, 2010

As fibras são produzidas a partir de materiais trefilados de alta resistência, que devem ser misturados ao concreto pouco antes da execução do piso, conforme mostra a Figura 15. Elas 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);



Figura 15 - Detalhe do compósito com adição de fibras
 Fonte: Arquivo da ArcelorMittal

Segundo Chodounsky (2007) quanto maior for a quantidade de fibra no concreto maior será a possibilidade de a fibra interceptar uma fissura, sendo usual uma concentração na ordem de 0,25% do volume de concreto utilizado. Se o piso com adição de fibras for bem dimensionado é possível executá-lo com

menor espessura e com maior distância entre as juntas, se comparado com o piso de concreto simples.

VANTAGENS ECONÔMICAS

- Execução mais rápida
- Redução de mão de obra
- Redução da espessura do piso
- Maior distância entre juntas
- Concreto mais compacto e com melhor acabamento de superfície
- Menor necessidade de manutenção

VANTAGENS TÉCNICAS

- Elevado controle de fissuras
- Aumento da resistência ao impacto
- Aumento da resistência à fadiga
- Aumento da capacidade de carga (portante), devido a uma melhor redistribuição das tensões transferidas para o piso
- As fibras coladas evitam a formação de “ouriço” e bolhas
- Garantem a redistribuição das fibras de aço de forma uniforme na massa de concreto

Pode-se utilizar as fibras de aço em substituições totais ou parciais da armadura convencional em estruturas que tenham distribuição de esforços e tensões no apoio da placa. As aplicações mais utilizadas são: pisos industriais, túneis, pré-fabricados e estruturas.

A solução do piso/pavimento ocorre com um cálculo estrutural (dimensionamento), que deverá levar em consideração: as diversas cargas atuantes na estrutura (cargas móveis, uniformemente distribuídas, pontuais e lineares), as características de suporte do solo (ensaios de CBR e sondagens), tipo de ambiente em que se realizará a concretagem, etc. Com todos os dados

em mãos, o projetista especificará o tipo de concreto, a espessura do piso, o tipo de fibra e a sua respectiva dosagem.

As Figuras 16 e 17 mostram os modelos Dramix / Arcelormittal comercializado em pente com material hidrossolúvel para facilitar o manuseio e transporte até a obra ou empresa responsável pela produção do concreto.



Figura 16 - : Fibra de aço carbono
Fonte: catálogo de produtos da ArcelorMittal

FSOI7525		FSDI7533	
Fator de Forma (L/d)	33	Fator de Forma (L/d)	44
Diâmetro Arame (mm)	0,75	Diâmetro Arame (mm)	0,75
Comprimento (mm)	25	Comprimento (mm)	33
Fibras/KG aproximado	11.000	Fibras/KG aproximado	8.450
Tolerâncias médias (%)	5	Tolerâncias médias (%)	5

FSRI7525		FSDI1025	
Fator de Forma (L/d)	33	Fator de Forma (L/d)	25
Diâmetro Arame (mm)	0,75	Diâmetro Arame (mm)	1,00
Comprimento (mm)	25	Comprimento (mm)	25
Fibras/KG aproximado	11.100	Fibras/KG aproximado	6.200
Tolerâncias médias (%)	5	Tolerâncias médias (%)	5

Figura 17 - Perfis de fibra de aço carbono e indicações das variáveis do fator forma
Fonte: site www.fibrasteel.com.br , 2015

A Figura 18 ilustra o tipo de fibras de vidro e nylon também utilizadas na adição em concretos.



Figura 18 - Fibras de vidro e nylon de alto módulo para adição em concretos
Fonte: www.piniweb.com.br , 2015

2.13 Juntas

As juntas podem ser definidas como detalhe construtivo, que deve permitir as movimentações de retração e dilatação do concreto e a adequada transferência de carga entre placas contíguas, mantendo a planicidade, assegurando a qualidade do piso e conforto do rolamento.

Segundo Chodounsky (2007) as juntas são os elementos mais sensíveis nos pisos de concreto onde deve-se ter especial atenção à execução. Estima-se que mais de dois terços das patologias dos pisos de concreto estejam relacionadas com falhas nas juntas.

Rodrigues *et al.* (2006) classifica as juntas dos pisos industriais em três tipologias, devendo cada uma delas ser empregada em casos específicos e conseqüentemente gerar desempenho satisfatório do sistema construtivo: juntas de construção (JC), juntas serradas (JS) e juntas de encontro (JE).

2.13.1 Juntas de construção (JC)

As juntas de construção (JC) são usualmente longitudinais às obras, e são limitadas de acordo com as formas usadas para concretar cada pista ou placa de piso que devem ser concretadas em períodos diferentes. Segundo

Chodounsky (2007) esse tipo de junta se mostra deficiente à medida que sofre maior exsudação e segregação devido às vibrações excessivas ocorridas no processo de desforma.

Devido a isso elas devem ser posicionadas em locais onde o tráfego de empilhadeiras é reduzido. As juntas de construção devem ser cortadas em uma profundidade de até 25 mm. Caso elas fiquem expostas ao tráfego de empilhadeiras de rodagem pneumática podem ser tratadas com selantes mais flexíveis ou mais rígidos dependendo do volume de tráfego. Já se as juntas construtivas estiverem mais sujeitas ao tráfego de empilhadeiras de rodagem maçica devem ser tratadas com argamassa epoxídica, mais conhecida como “lábio polimérico”. Nas Figuras 19 e 20 pode-se observar a seção e o detalhe da junta de construção com barra de transferência.

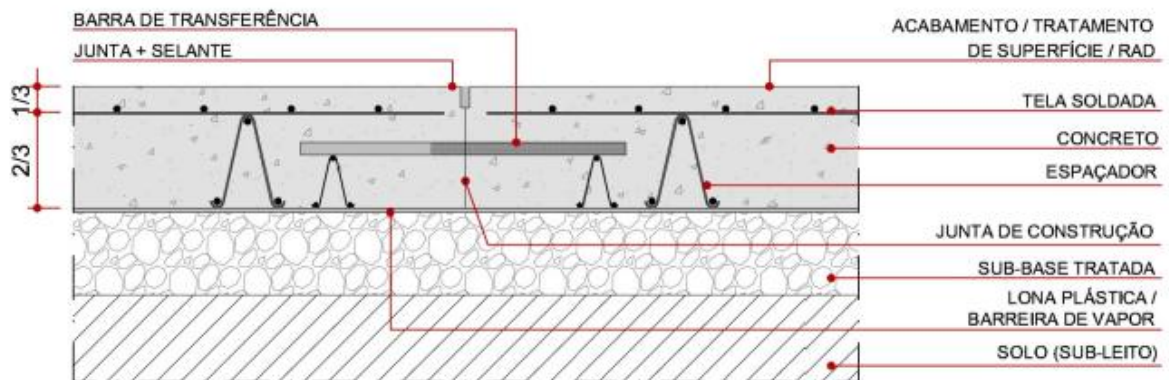


Figura 19 – Junta de Construção
Fonte: Cristelli, 2010



Figura 20 - Detalhe de uma junta de construção com barras de transferência após desforma
Fonte: Site www.manetoni.com.br , 2015

2.13.2 Juntas serradas (JS)

Segundo Chodounsky (2007), as juntas serradas são executadas transversalmente ao eixo das placas e tem a função de disciplinar em uma determinada seção, as fissuras ocasionadas pela retração do concreto, conforme ilustrado na Figura 21. Devem ser cortadas num período de 4 à 12 horas após a concretagem, com uma profundidade de até 1/3 da espessura do piso e com abertura na ordem de 3 a 4 mm, induzindo efetivamente as fissuras em seu leito.

O Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) afirma que em pavimentos com armadura de retração a distância entre as juntas serradas pode chegar à 30m.

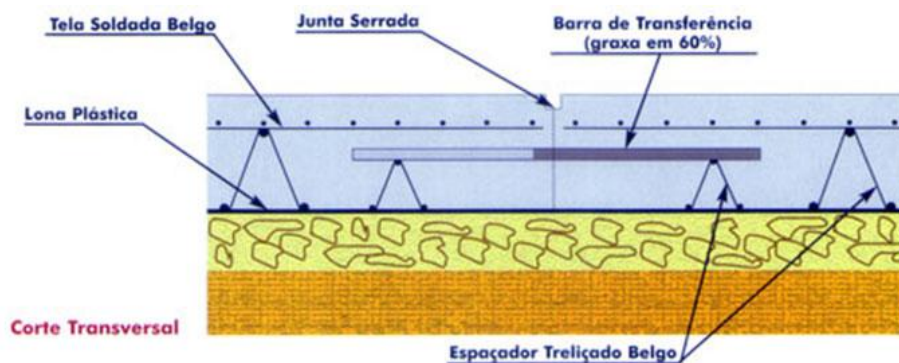


Figura 21 - Detalhe de uma junta serrada e fissuração induzida
Fonte: Site www.diferraco.com, 2015

2.13.3 Juntas de encontro (JE)

Segundo Chodounsky (2007), as juntas de encontro ou expansão são construídas com o objetivo de separar o piso dos demais elementos estruturais, como vigas baldrame e blocos de concreto, permitindo uma livre movimentação do piso quando da existência dos fenômenos de retração e variação térmica.

A espessura da junta é de 5 a 20 mm, sendo preenchida por um material compressível com bom índice de resiliência, como isopor ou borracha,

ilustrado na Figura 22.



Figura 22 - Detalhe de uma junta de dilatação
Fonte: Site www.blogdopetcivil.com, 2015

2.14 Barras de transferência

A barra de transferência é utilizada para evitar empenamento das bordas das placas de concreto e dividir tensões dos carregamentos com placas adjacentes. As barras de transferência devem ser colocadas em todas as juntas. Todas as barras devem ser engraxadas em 60% do comprimento ou envolvidas em filme de PVC termo retrátil a fim de proporcionar a transferência de forças verticais sem impedir a retração e a dilatação da placa.

As barras de transferência são feitas de barras de aço tipo CA-25, de seção circular, maciças e lisas, conforme ilustrado na Figura 23.

A utilização de barras de transferência com diâmetro, comprimento, espaçamento e alinhamento corretos permite a consideração da eficiência das juntas de 100%.



Figura 23 - Barra de transferência
Fonte: Catálogo da ArcelorMittal

As barras de transferência estão localizadas nas bordas transversais do pano concreto e sua função é reduzir os esforços na área mais solicitada.

As barras de ligação estão localizadas nas bordas longitudinais e não possuem comportamento estrutural, sendo úteis apenas para evitar o escalonamento das duas placas de concreto, mantendo-as unidas.

A Tabela 3 indica qual barra de transferência é ideal para cada espessura de placa de concreto.

Tabela 3 - Diâmetro e comprimento de barras de transferência
Fonte: Penna Firme, (2006).

Espessura da placa (mm)	Diâmetro da barra (mm)	Comprimento da barra (cm)
125	16	40
150	20	40
200	25	45
>250	32	45

3 ESTUDO DE CASO

Será apresentado um estudo de caso avaliando os processos que devem ser empregados para o projeto.

O galpão industrial, da empresa Precisão Granito, que será analisado, tem como finalidade o beneficiamento de granitos. A obra foi executada pela construtora Serviplan.

Para a execução desse pavimento, nas dimensões 100x26 m, com cargas distribuídas, cargas pontuais e movimentação de empilhadeiras e carretas foi sugerido as opções de piso em fibras metálicas e tela soldada. Nesse caso a solução em piso protendido não é o ideal por se tratar de uma área pequena. O piso protendido é mais viável quando se trata de áreas superiores a 20.000 m² onde ganha-se na redução das juntas.

Para o dimensionamento do layout e das cargas propostas é necessário:

3.1 Levantamento das Informações necessárias

A solicitação de um projeto se dá através do contato do cliente com a empresa no qual ele solicita um orçamento e uma proposta técnica para uma determinada obra.

Quanto mais completas e precisas forem as informações levantadas mais otimizada poderá ser a solução do piso. Ao contrário quando uma informação é imprecisa ou faltante o projetista deverá fazer estimativa a favor da segurança e isso na maioria dos casos resulta em uma solução onerosa ou o que é raro porém mais perigoso é estimar abaixo de uma situação real e o resultado disto é um dimensionamento insuficiente e fazendo com que o piso fique sujeito a patologias.

3.2 Caracterização do solo local

Neste momento será solicitado os estudos de solos que a obra possui. Caso o responsável pela obra não possua estes ensaios será feito a recomendação de ensaios de sondagem e se for necessário o ensaio de CBR.

3.3 Organização dos dados

É a fase em que serão reunidas as informações sobre carregamentos, solos e layout da obra para compilação dos dados em um programa de cálculo de pisos através do qual será possível a elaboração do pré-dimensionamento e os resultados serão mostrados em um relatório preliminar cuja solução será apresentada em termos de consumo de concreto por m³ e taxa de armadura por m². A seção do piso não é divulgada neste momento pois o documento fornecido não gera custo para o cliente e nesta fase ele aprecia outras soluções do mesmo piso.

O software para dimensionamento da obra do estudo de caso apresentado neste trabalho é o Belgo Pisos e que foi desenvolvido pela equipe técnica da antiga Belgo Mineira e atual ArcelorMittal e o DRAPRO, um software desenvolvido pela Belgo Bekaert que basicamente realiza o cálculo de volume crítico de fibras na matriz de concreto necessário para atingir um parâmetro de tenacidade, que seria a área sob a curva do gráfico tensão x deformação para um determinado corpo de prova ensaiado. Estes valores são obtidos através de ensaios e parametrizados para cada tipo de fibra e concreto podendo-se obter a resistência residual pós-fissuração que é provida por cada tipo de fibra em cada tipo de concreto.

3.4 Definição da sub-base

Existem muitas alternativas para a escolha da sub-base pois ela pode

ser constituída de materiais diversos com diversas granulometrias. Considerando que cada tipo pode ter diversas espessuras pode-se crer que uma grande escala de resistências podem ser alcançadas com a adoção das sub-bases.

Para o nosso estudo de caso será adotada o tipo mais comum e o mais econômico que é a sub-base granular composta por britas II, I, 0 e pó de pedra e com espessura de 10 cm. O ganho de resistência do piso se da pelo incremento do coeficiente de recalque do sistema sub-leito + sub-base de 10% ou seja o valor de k que será utilizado no dimensionamento será de $0,049 \text{ N/mm}^3$. Foi adotado um valor de CBR na ordem de 10%.

3.5 Levantamento das cargas atuantes

Nesta etapa é importante o levantamento das cargas em serviço como também o conhecimento da área de contato através do qual serão transmitidas estas cargas.

No caso de veículos de rodagem pneumática é necessário o conhecimento da calibragem ou pressão de enchimento dos pneus pois elas irão definir a valor das pequenas áreas que estarão em contato efetivo com o piso variando assim a intensidade das tensões atuantes. O software Belgo pisos calcula o raio de contato em função da pressão de enchimento e para cargas distribuídas os esforços são aplicados no meio da placa.

3.5.1 Cargas distribuídas

Refere-se a um carregamento plano, apoiado sobre o piso por meio de uma área de contato que coincide com a projeção do carregamento, sem que haja a existência de cargas pontuais ou lineares.

Para o piso em questão é considerado uma carga distribuída de 6 tf/m^2 .

3.5.2 Cargas de empilhadeiras

Peso próprio da empilhadeira = 5,1 tf

Capacidade de carga da empilhadeira = 3,6 tf

Peso total = 5,1 + 3,6 = 8,7 tf

As empilhadeiras recebem em cada roda dianteira 40 % da carga total

Portanto $8,7 \times 0,4 = 3,5$ tf / roda

Sendo a rodagem do tipo pneumática a pressão de enchimento é de 0,7 Mpa

A distância entre as rodas do eixo dianteiro é de 90 cm

3.5.3 Cargas de carretas

A carreta usada neste galpão é do tipo TB45 que tem 15,0 tf no eixo mais solicitado e resultando uma carga de 3,75 tf / roda (eixo tandem simples + rodagem dupla).

3.6 Elaboração do estudo preliminar

O estudo preliminar é um documento técnico comercial onde é definido ao cliente o consumo de material por metro quadrado com o compromisso de ser garantido este consumo no projeto executivo porém não é possível executar uma obra com um estudo preliminar. Nesta fase os cálculos são definitivos e já se tem a solução do projeto pronta.

3.7 Utilização do software Belgo Pisos

A utilização do software está dividida em entrada de dados, parte gráfica para geração de desenhos de projeto, relatório de esforços, relatórios técnicos com a solução do piso e lista de consumo de materiais.

3.7.1 Entrada de dados dos carregamentos

A Figura 24 mostra a primeira tela do programa que possui campos para cargas distribuídas do lado esquerdo e cargas lineares do lado direito.

Carregamentos

Carga Distribuída e Linear

Carga Distribuída

Carga (tf/m²) : 6

FS : 1,2

Carga Linear

Carga (tf/m) : 0

FS : 0

Pontos de Aplicação

- Interior da Placa
- Borda / Canto da Placa
- Junta c/ Barra
- Junta s/ Barra

Figura 24 – Carga distribuída
Fonte: Programa Belgo Pisos

A Figura 25 ilustra os campos do programa para colocação do dados de cargas empilhadeiras, fator de segurança das cargas, pressão de enchimento dos pneus, fator de repetição das cargas móveis para cálculo do desgaste a abrasão, distância entre rodas e ponto de aplicação das cargas.

Carregamentos

Veículos

Rodagem Simples

Carga / Roda (tf) : 3,5

FS (carga) : 1,4

Pressão do Pneus (MPa) : 0,7

Fator Dinâmico : 1

Pontos de Aplicação

- Interior da Placa
- Junta c/ Barra
- Borda da Placa
- Canto da Placa
- Junta s/ Barra

0,9 m

Eixo Simples

V

Figura 25 – Carga de empilhadeira
Fonte: Programa Belgo Pisos

A Figura 26 mostra a tela do programa que é semelhante a anterior porém atende a veículos de rodagem dupla como o caso de carretas.



Figura 26 – Carga de carreta
Fonte: Programa Belgo Pisos

3.7.2 Entrada de dados técnicos

O software Belgo Pisos tem a característica de mostrar os resultados das armaduras superiores e inferiores dinamicamente na medida em que se alteram os dados de carregamentos, de solos, concreto, sub-base, espessura e cobrimentos a qualquer alteração de dados (ver Figura 26).

A espessura da placa é sempre informada no programa e o que deve ser controlado nos dimensionamentos de pisos de concreto estruturalmente armado são as taxas de armadura por se tratarem do item mais caro do piso. A redução da espessura de concreto pode atingir 50 % em relação ao padrão de espessuras adotadas nos pisos de concreto simples.

Dessa forma é necessário avaliar a solução como um todo considerando o consumo de concreto e de aço no mesmo contexto.

Na Figura 27 pode-se verificar os campos onde são inseridos os valores de CBR, espessura da sub-base, F_{ck} do concreto, cobrimentos, espessuras da placa de concreto e da sub-base, tipo de sub-base. Na mesma tela conforme se altera a espessura da placa ocorre a atualização do diâmetro da barra de transferência e as armaduras necessárias no piso.

Conforme se modificam os cobrimentos, o Fck, o CBR e a sub-base alteram-se novamente as armaduras (BELGO, 2002).

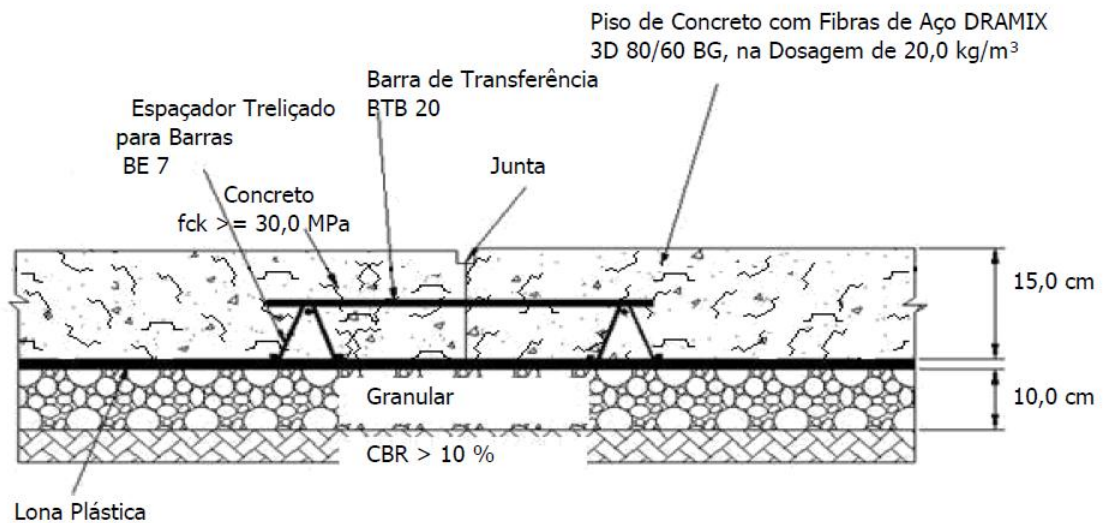


Figura 27 – Dados do solo, sib-base, espessura, cobrimento, solo e concreto
Fonte: Programa Belgo Pisos

3.7.3 Interface gráfica e quantidades

Uma destacada funcionalidade do software é a interface gráfica que o programa permite fazendo a leitura do layout em arquivo eletrônico em Cad fornecido pelo cliente através do qual é possível ativar o AutoCad e através do programa, abrir o arquivo do cliente e utiliza-lo através das ferramentas que o software oferece para se obter as quantidades de materiais necessários para a elaboração de uma proposta com grande precisão nos valores (ver Figura 28).

No esquema acima as linhas são desenhadas em escala e cada cor representa um tipo de junta. As linhas verdes representam as juntas serradas, as vermelhas as construtivas o contorno azul as juntas de encontro e os pilares são representados por pequenos retângulos.

Com os dados da entrada gráfica o programa contabilizará o aço necessário com precisão absoluta, e fornecerá a lista de material de forma

automática, em arquivo Excel e com o formato apresentado na Tabela 4.

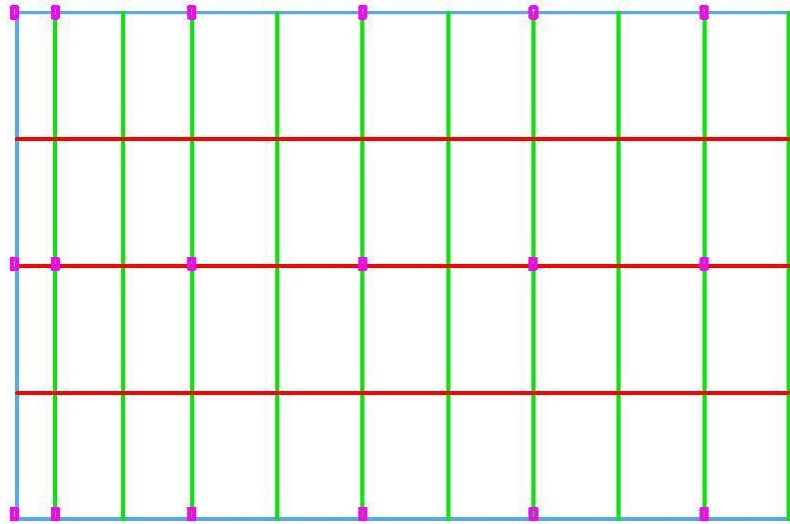


Figura 28 – Entrada Gráfica
Fonte: Programa Belgo Pisos

A tabela informa a especificação de todo elemento de aço utilizado na solução com especificações e quantidades de forma automática.

Tabela 4 – Resumo total do aço gerado automaticamente pelo programa
Fonte: Programa Belgo Pisos

RESUMO TOTAL		
Soluções Belgo	Solução	
	DRAMIX	PESO
Fibras de Aço DRAMIX Tipo : 3D 80/60 BG	20,0 kg/m ³ 3,00 kg/m ²	7.248,78 kg
Barra de Transferência Tipo: BTB 20	2.097 barras de 50,00 cm	2.585,60 kg
Espaçador para Barra : BE 7	166 esp. c= 6,0 m	715,13 kg
Espaçador para Reforço de Pilar : BE 9	82 esp. c= 1,0 m	61,34 kg
Reforço de Borda Tipo : Tela Soldada Q196	1 painéis (2,45 m x 6,0 m)	45,70 kg
Reforço de Canto Tipo : Tela Soldada Q246	7 painéis (2,45 m x 6,0 m)	402,50 kg
Reforço de Canto Tipo : Ø16 mm - Aço CA50	123,0 m	194,09 kg

3.7.4 Elaboração da proposta técnica

Com as informações apuradas até o momento é possível elaborar a proposta técnica que será apresentada ao cliente.

A solução será apresentada através do consumo de aço por metro cúbico de concreto e a espessura ficará implícita através do consumo total de concreto.

A taxa de armadura é a dosagem de Dramix escolhida para o reforço no concreto.

O consumo de fibra total é 7.248,78 kg e de concreto $f_{ck} = 30$ Mpa é 362,4 m³, logo a taxa de aço é de 20 kg/m³.

Caso haja a necessidade de fornecer uma quantidade maior de dados ou até mesmo abrir a solução para o cliente em se tratando de um cliente fiel ou por uma exigência de concorrência pública o software prepara um relatório técnico completo com todas as informações possíveis exceto o desenho executivo. A Figura 29 e as Tabelas 05 e 06, mostram parte do relatório técnico completo que está disponível neste trabalho em forma de anexo bem como o resumo do aço que também é gerado automaticamente pelo software.

Também são mostradas as informações de espessura, especificação do aço, concreto, subbase, cobrimentos, os dados de solos e carregamentos (BELGO, 2002).

3.8 Elaboração do projeto executivo

Com todas as informações prontas e estudadas da-se início a última fase do trabalho que corresponde ao projeto executivo.

Esta fase é decisiva para atingir a excelência construtiva pois se trata da documentação visual que descreve o passo a passo da execução do piso utilizando-se apenas a linguagem de desenho técnico de engenharia.

No sub-item abaixo será apresentado alguns dos detalhes mais importantes que fazem parte do projeto executivo final.

Proposta de Dimensionamento para área de 2.412,26 m²

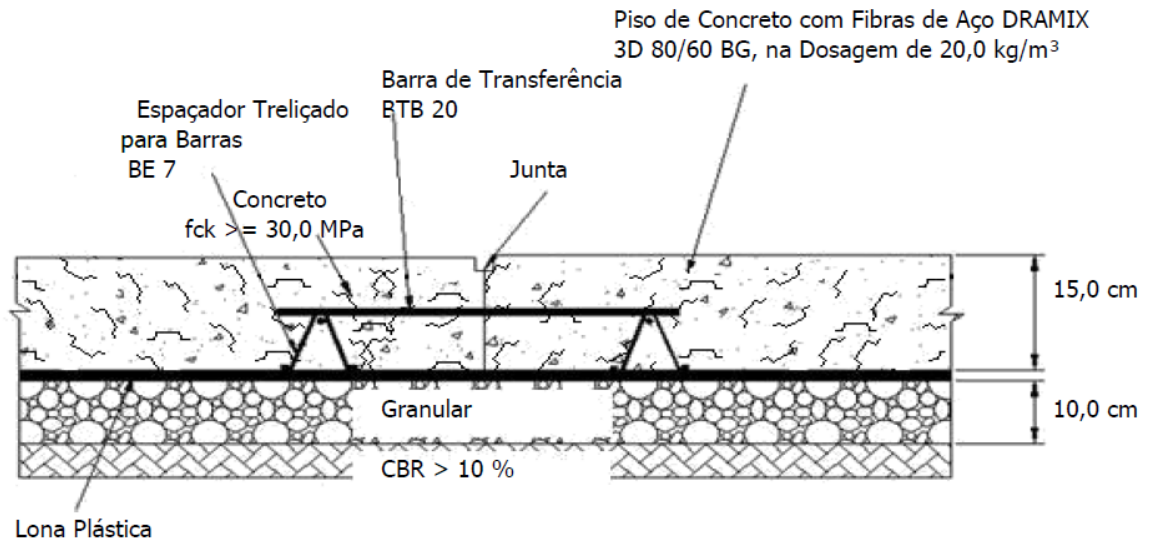


Figura 29 – Seção típica da solução gerados automaticamente pelo programa
Fonte: Programa Belgo Pisos

Tabela 5 – Dados técnicos gerados automaticamente pelo programa
Fonte: Programa Belgo Pisos

Dados Preliminares		
1 - Concreto :		
	Resistência à Compressão - $f_{ck} \geq 30,0$ Mpa	
	Resistência à Tração na Flexão - $f_{ctm,fl} \geq 4,31$ MPa	
	Abatimento (Slump de Lançamento) - 110 ± 10 mm	
2 - Sub-Leito :		
	Índice de Suporte Califórnia - CBR > 10 %	
	Grau de Compactação (Proctor Normal) - G.C. $\geq 98\%$	
	Expansibilidade $\leq 2\%$	
3 - Sub-Base :		
	Tipo : Granular	
	Grau de Compactação (Proctor Modificado) - G.C. $\geq 98\%$	
	Espessura : 10 cm	
4 - Carregamentos Máximos Consideradas :		
Tipo	Intensidade	Observações
Carga Distribuída	6,00 tf/m ²	Porta pallets, sacarias e estoque a granel
Veículo	3,50 tf/roda	Rodagem Simples / Eixo Simples
Veículo	3,75 tf/roda	Rodagem Dupla / Eixo Tandem Simples

Tabela 6 – Quantitativos completos gerados automaticamente pelo programa
 Fonte: Programa Belgo Pisos

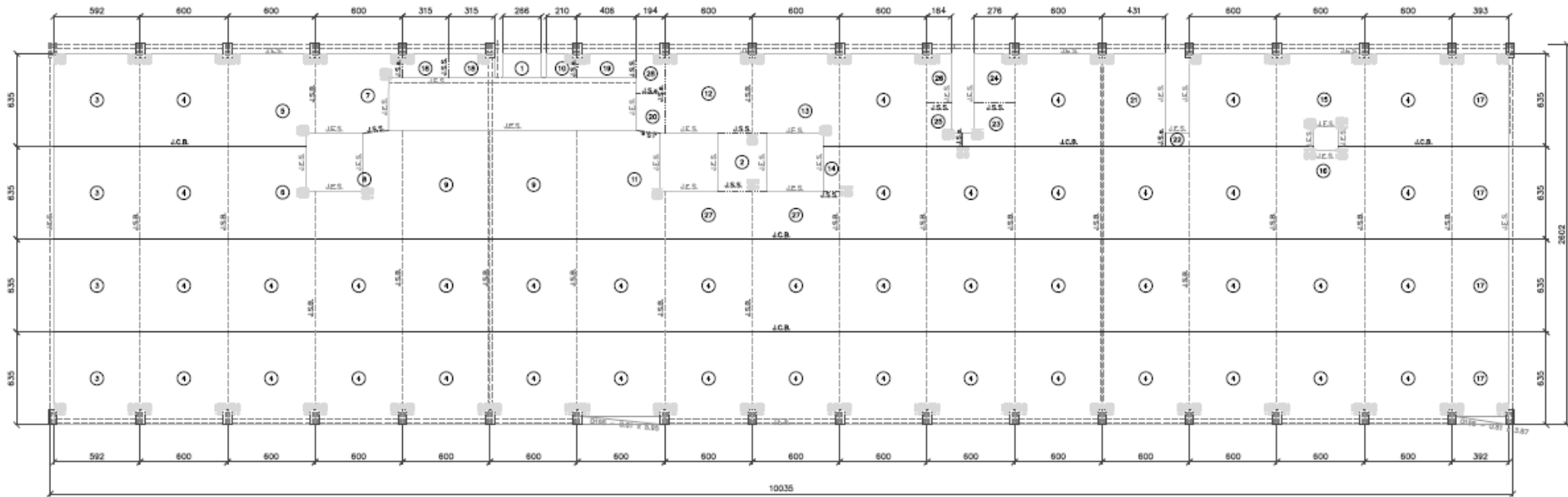
Soluções Belgo	SOLUÇÃO	
	DRAMIX	PESO
Espessura Mínima de Concreto	15,0 cm	-
Fibras de Aço DRAMIX	20,0 kg/m ³	7.248,78 kg
Tipo : 3D 80/60 BG	3,00 kg/m ²	
Tamanho Máximo das Placas	6,00 m X 7,45 m	-
Índice de Juntas Construtivas	0,109 m/m ²	-
Índice de Juntas Serradas	0,166 m/m ²	-
Índice de Junta Encontro	0,155 m/m ²	-
Barra de Transferência	2.097 barras de 50,00 cm	2.585,60 kg
Tipo : BTB 20		
Espaçador para Barra : BE 7	166 esp. c= 6,0 m	715,13 kg
Considerar Espaçador na Junta Construtiva		
Espaçador para Reforço de Pilar : BE 9	82 esp. c= 1,0 m	61,34 kg
Reforço de Borda	1 painéis	45,70 kg
Tipo : Tela Soldada Q196	(2,45 m x 6,0 m)	
Reforço de Canto	7 painéis	402,50 kg
Tipo : Tela Soldada Q246	(2,45 m x 6,0 m)	
Reforço de Canto	123,0 m	194,09 kg
Tipo : Ø16 mm - Aço CA50		

3.8.1 Detalhes do projeto executivo

A planta da Figura 30 mostra as informações dimensionais, distância entre juntas, descrição do tipo de junta, numeração das placas de concreto e marcação dos pilares.

É mostrado uma seção típica para cada tipo de junta e em cada seção típica é locado a posição de cada armadura, e todos os dados relativos aos materiais, espessura do concreto, tipo de solo e sub-base (ver Figuras 31, 32 e 33).

Detalhes de reforços de cantos de pilares (ver Figura 34), detalhes mostra a correta aplicação das barras de transferência (ver Figura 35), situações especiais de reforços e detalhes localizados não são economizados no projeto executivo final.



PLANTA DE PAGINAÇÃO DO PISO (CONCRETO REFORÇADO COM DRAMIX)
 ESC. 1:100

Figura 30 – Projeto executivo gerado automaticamente pelo programa
 Fonte: Programa Belgo Pisos

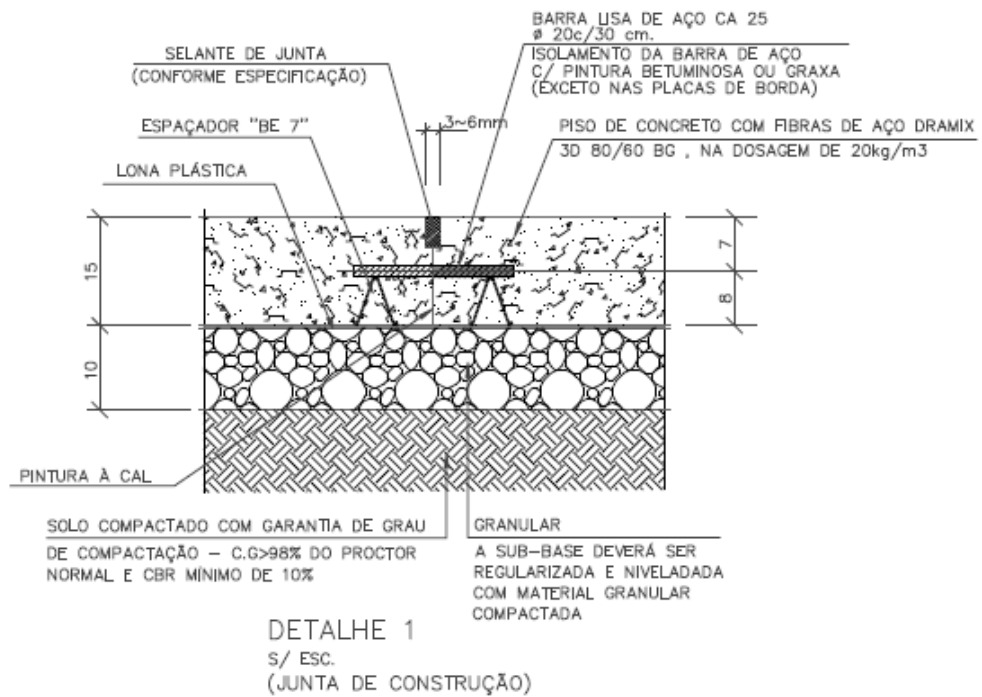


Figura 31 – Detalhe da junta de Construção
 Fonte: Programa Belgo Pisos

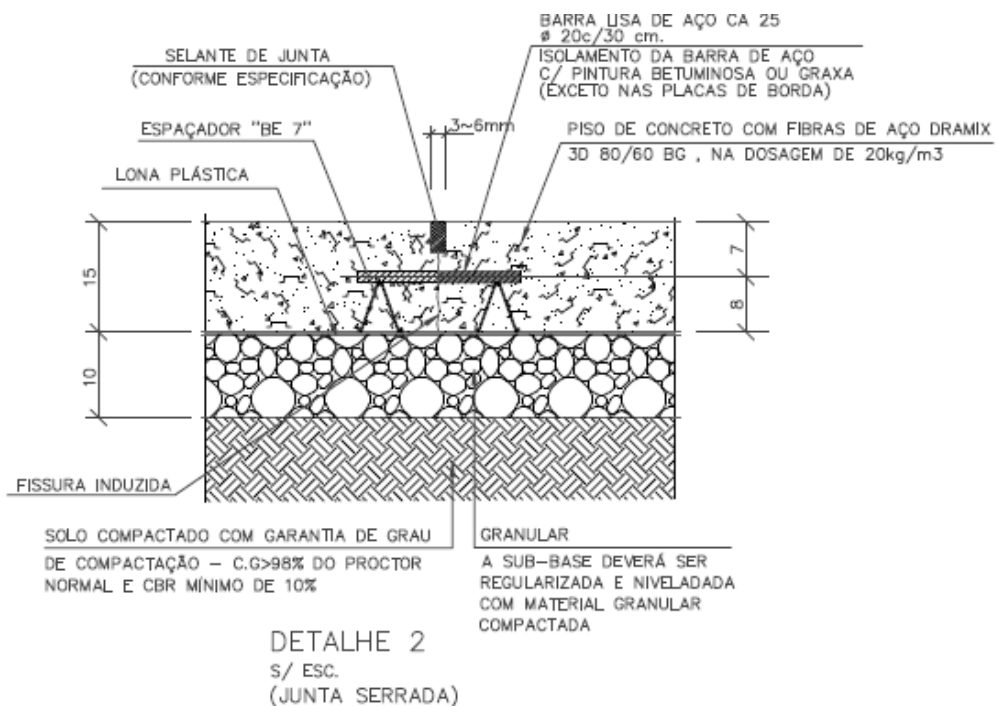
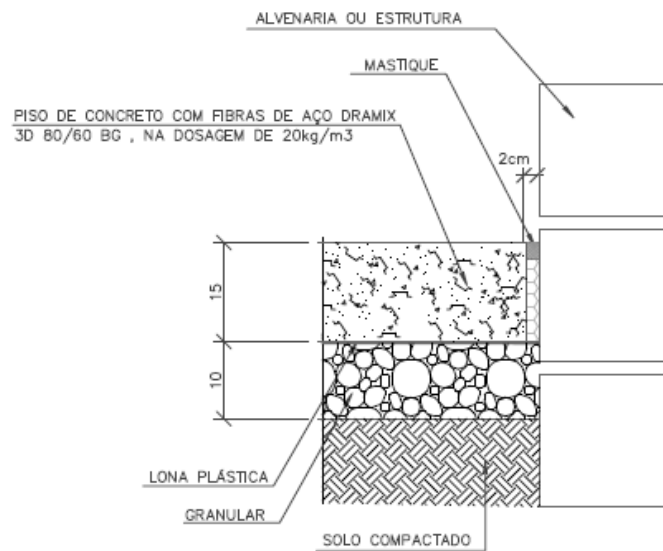
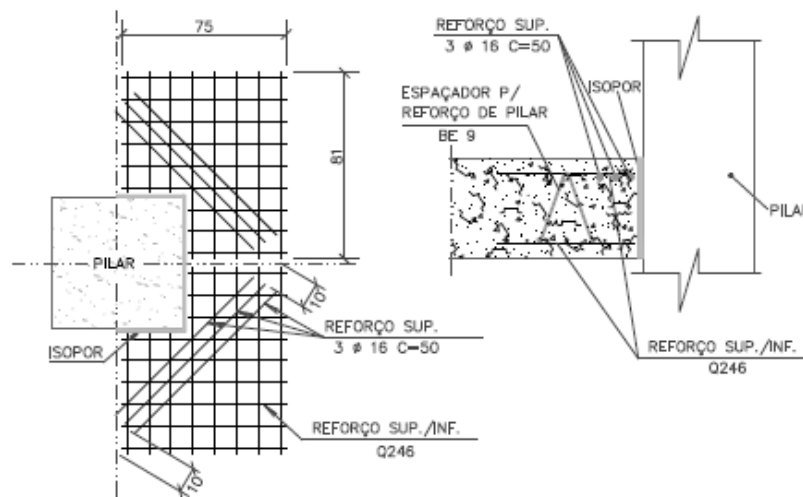


Figura 32 – Detalhe da junta Serrada
 Fonte: Programa Belgo Pisos



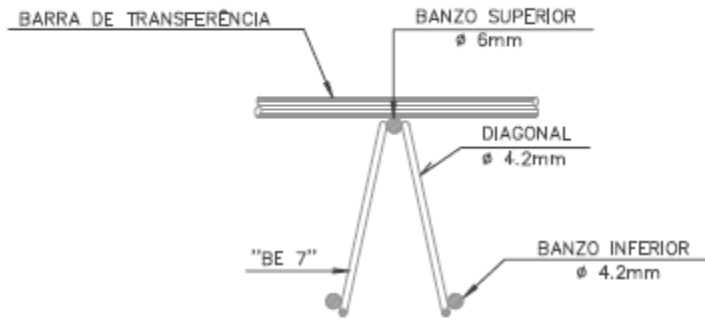
DETALHE 3
S/ ESC.
(JUNTA DE ENCONTRO)

Figura 33 – Detalhe da junta de Encontro
Fonte: Programa Belgo Pisos



DETALHE TÍPICO (TELA + VEGALHÃO)
REFORÇO CANTO DOS PILARES
S / ESC.

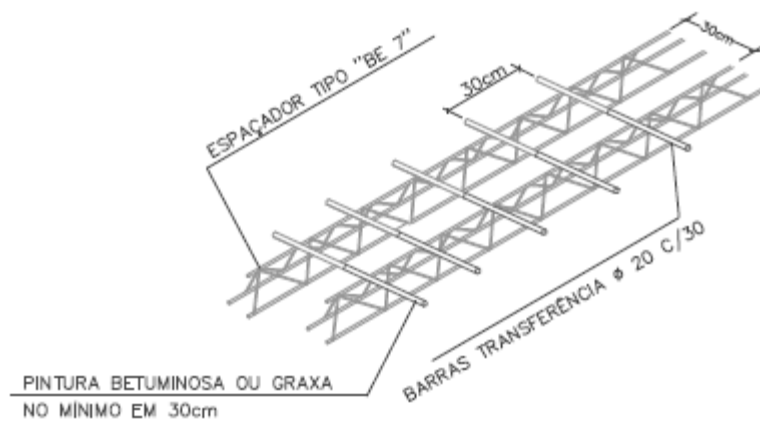
Figura 34 – Detalhe do reforço de canto do pilar
Fonte: Programa Belgo Pisos



DETALHE ESPAÇADOR "BE 7"
BARRAS TRANSFERÊNCIA
S/ ESC.

Figura 35 – Detalhe do apoio da barra de transferência
Fonte: Programa Belgo Pisos

Nas Figuras 36 e 37 pode-se observar o esquema de posicionamento das barras de transferência.



ESQUEMA DE POSICIONAMENTO
DAS BARRAS DE TRANSFERÊNCIA
S / ESC.

Figura 36 – Esquema de posicionamento das barra de transferência
Fonte: Programa Belgo Pisos

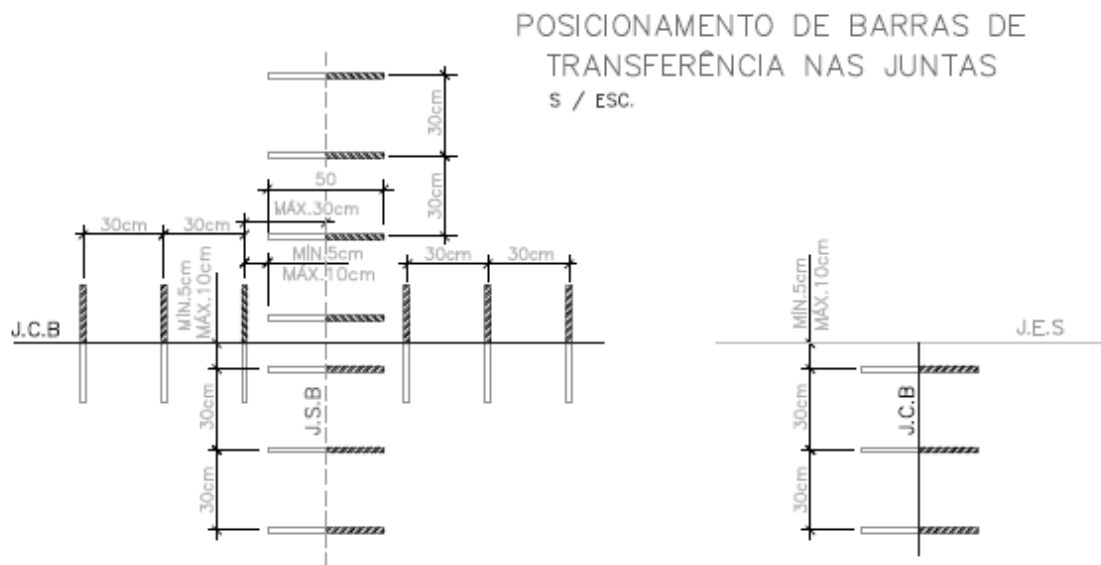


Figura 37 – Esquema de posicionamento das barra de transferência nas juntas
 Fonte: Programa Belgo Pisos

Um projeto executivo bem detalhado deve conter uma lista de notas e recomendações gerais sobre cuidados na execução dos pisos, tipos de materiais especiais a serem empregados nas diversas etapas da obra, especificações de equipamentos para adensamento, tratamento do solo, detalhamento e esquema de carregamentos, são especificados na lista de notas. Algumas notas podem ser vistas no exemplo abaixo e observar o quadro completo de notas no projeto em anexo.

Exemplo de notas de um projeto executivo:

- O solo local deverá ser compactado com utilização de equipamento rolo vibratório pé-de-carneiro e obtenção de G.C. > 98% P.N. (Proctor Normal).
- Sobre o solo compactado executar camada de reforço granular em bica corrida ou brita graduada simples, compactado e regularizado com rolo vibratório de chapa lisa, com obtenção de G.C. > 98% P.M. (Proctor Modificado). A superfície não deverá apresentar irregularidades > 1,0 cm. Utilizar pó-de-pedra para acerto final.

- Sobre a base compactada e regularizada, utilizar camada isolante em lona de polietileno com espessura > 200 micras.
- Considerado perda de fibra conforme controle tecnológico do concreto.
- Utilizar Telas Q246 para reforços de cantos (pilares). Dois pedaços com dimensões de 75 x 81 cm (um superior e outro inferior). No reforço superior utilizar 3 barras CA50 Ø16 mm comprimento de 50 cm conforme o detalhe.
- Para o correto posicionamento das barras de transferência utilizar espaçadores treliçados nas juntas serradas.
- Concreto: resistência característica á compressão (fck) > 30 Mpa.
- Teor de argamassa ~50% Fator A/C < 0,52
- Curva granulométrica contínua
- Tempo de início de pega em torno de 5 horas após lançado
- Abatimento de lançamento: 110 +/- 10mm (bombeável).
- Após o término do acabamento, a superfície do piso deverá ser molhada e mantida saturada com água pelo período mínimo de 7 dias. Molhar pelo menos duas vezes ao dia e cobrir com manta ou lona plástica.
- Todas as juntas longitudinais ou transversais devem estar em conformidade com as posições indicadas no projeto.
- Preenchimento das juntas:
 - Juntas expostas a tráfego de rodas rígidos:





- Utilizar selantes a base de Epóxi semi-rígido dureza Shore “A” > 80.
 - Juntas expostas a tráfego de rodas pneumáticas e sem tráfego:
 - Utilizar selante a base de Mastique de Poliuretano dureza Shore “A” > 30.
- Todas as juntas: Profundidade mínima de Poliuretano dureza Shore “A” > 30.
 - As juntas serradas de retração deverão ser executadas entre 6 a 12 horas após o término do acabamento e somente adiadas caso ocorram esborcinamentos (quebra de bordas) durante o corte.
 - O corte das juntas serradas deverá 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 surgimento de fissuras em seu leito.

3.9 Comparativo: Tela Soldada x Dramix

O mesmo dimensionamento para o uso de Dramix foi feito para o uso de tela soldada, que pode ser comparado por meio da Tabela 7.

Pode-se observar que mesmo com um custo superior o Dramix é economicamente mais viável que a solução em tela soldada, pois o consumo de aço e a taxa de aço utilizada no Dramix é de aproximadamente 35% menor que em tela soldada.

Tabela 7 – Comparativo de custos entre Dramix e Tela Soldada
 Fonte: Arquivo interno da Belgo Bekaert

		Belgo Bekaert Arames 	
			
CLIENTE:	Serviplan		
OBRA:	Galpão - Precisão - Queimados		
REFERÊNCIA:	Piso de concreto reforçado com fibras de aço DRAMIX		
PROJETO:	Piso Industrial		
Comparativo de custos - Dramix x Tela Soldada			
		Fibra de aço DRAMIX	TELA SOLDADA
Características do Projeto			
	Área	2.416,00 m ²	2.416,00 m ²
	Juntas Serradas	401,06 ml	401,06 ml
	Juntas Construtivas	263,34 ml	263,34 ml
	Espessura da Placa	15 cm	15 cm
	Volume de Concreto	362,4 m ³	362,4 m ³
	Taxa de Aço (3D 80/60 BG)	20,0 kg/m ³	55,0 kg/m ³
Materiais			
AÇO	Consumo	7.248,0 kg	19.946,5 kg
	Preço Bruto c/ IPI e ICMS 12%	6,50 R\$/kg	4,50 R\$/kg
	Subtotal	R\$ 47.112,00	R\$ 89.759,23
CONCRETO	Consumo	362,4 m ³	362,4 m ³
	Preço Bruto c/ IPI	270,00 R\$/m ³	270,00 R\$/m ³
	Bombeamento	0,00 R\$/m ³	30,00 R\$/m ³
	Subtotal	R\$ 97.848,00	R\$ 108.720,00
BARRA DE TRANSFERÊNCIA Ø20,0 mm		R\$ 9.523,07	R\$ 9.523,07
ESPAÇADOR TRELIÇADO ARMADURA = H7		R\$ 0,00	R\$ 9.271,40
ESPAÇADOR TRELIÇADO JUNTAS = H7 / H6		R\$ 3.270,95	R\$ 3.270,95
Projeto e Mão de obra			
	Projeto	0,00 R\$/m ²	0,00 R\$/m ²
	Armação de Tela Soldada	0,00 R\$/kg	0,00 R\$/kg
	Execução de Piso Polido	9,00 R\$/m ²	9,00 R\$/m ²
	Subtotal	R\$ 21.744,00	R\$ 21.744,00
Total		R\$ 179.498,02	R\$ 242.288,65
Economia (%) R\$		35,0%	R\$ 62.790,63

As Figuras 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 46 ilustram as etapas de execução de um piso industrial em Dramix.



Figura 38 – Preparação do Sub-leito
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 39 – Preparação da Sub-base

Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 40 – Assentamento das formas metálicas e preparação das juntas
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 41 – Adensamento, nivelamento e acabamento do concreto
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 42 – Nivelamento com régua vibratória simples
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 43 – Acabadora simples
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 44 – Acabadora dupla
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal

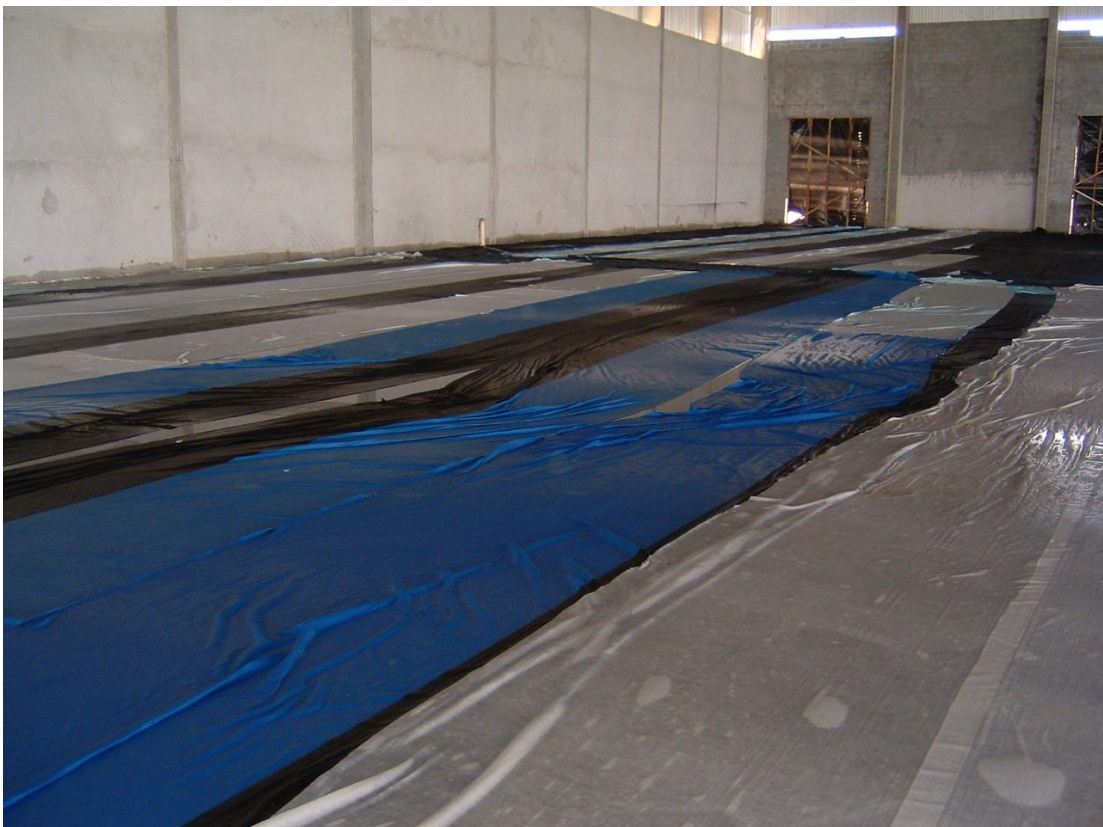


Figura 45 – Cura úmida do concreto
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal



Figura 46 – Resultado final do piso industrial em concreto armado
Fonte: Arquivo da ArcelorMittal

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um projeto para piso industrial de concreto estruturalmente armado onde foram seguidas as diretrizes necessárias para permitir a execução da obra com excelência construtiva, economia e segurança.

É preciso levar em consideração fatores que podem influenciar na execução da obra como, por exemplo, os tipos de carga por pavimento, variações climáticas, interferência do carregamento de rodas entre eixos bem como a eficiência das juntas nos pavimentos de concreto.

Como hoje existem no mercado várias opções de pisos com distintas tecnologias para execução de pavimentos, foi analisada uma opção de projeto sob a ótica da qualidade, durabilidade e custo. No estudo de caso apresentado foi comparado a solução em tela soldada e fibras de aço de forma a oferecer o melhor dimensionamento de produto a ser utilizado conforme a finalidade da obra.

O projeto apresentado enfatizou a importância em seguir e aplicar as diretrizes fundamentais para elaborar projetos de pisos estruturalmente armados e demonstrou que o piso industrial de fibras de aço Dramix ofereceu melhor aplicabilidade em termos de custo quando comparado à execução do piso em tela soldada. É importante ressaltar que, para esse caso, não foi interessante o uso de piso em concreto protendido devido ao tamanho do mesmo ser inferior a 20.000 m².

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCELORMITTAL. **Catálogos Técnicos de Produtos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481: Tela de aço soldada - Armadura para concreto.** Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7197: Projeto de Estruturas de Concreto Protendido.** Rio de Janeiro, 1989.

BRAGA, F.H & MÓDENA. L. **Manual Técnico de Pisos de Estacionamento e Subsolos.** São Paulo, 2007.

CARVALHO, M.D & PITTA, M.R. **Pisos industriais de Concreto. Parte I: Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Simples.** Associação de Cimento Portland, ET52, SP, 1989.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Pisos Industriais de Concreto:** aspectos teóricos e construtivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

CICHINELLI, Gisele. **Execução de pisos industriais de concreto.** Revista Construção Mercado. PINI 117^a ed., São Paulo, 2011. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/117/artigo299481-1.aspx>

Acesso em 29/04/2015

CRISTELLI. R. **Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo** . 2010. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Pisos em Concreto Armado.** Disponível em: < <http://www.ibts.org.br/pdfs/pisos.pdf>>

Acesso em 27/04/2015.

LANNES, Caroline. **Dimensionamento de uma Concessionária de Veículos em Concreto Protendido**. Campos dos Goytacazes. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF-RJ) 2005.

LEAL, Ubiratan. **Pisos Industriais**. Revista Construção Mercado. PINI 43ª ed., São Paulo, 2005. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/43/pisos-industriais-283373-1.aspx>

Acesso em 27/04/2015

MATTOS, Maria Luiza. **Pisos Industriais de Concreto**. Revista Técnica 89ª ed. PINI, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/pisos-industriais-de-concreto-79605-1.aspx>

Acesso em 27/04/2015

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

QUINTO Marcelo Toledo. **Pisos de Concreto com Fibras de Aço**. Revista Técnica 107ª ed. PINI, São Paulo, 2006. Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/107/artigo287066-1.aspx>

Acesso em: 27/04/2015

RODRIGUES, P. P. F & PITTA, M. R. **Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados**. Revista do IBRACON nº 19, 1997.

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

SENEFONTE, K. B. **Diretrizes de projeto, execução e controle de pisos industriais de concreto protendido**. 2007. 80f. Monografia (Especialização em tecnologia e gestão na produção de edifícios) – Universidade de São Paulo, 2007.

Sites pesquisados:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMEwAH/apostila-concreto-armado-i>

http://www.anapre.org.br/carta/ANAPRE_ResumoExecutivo_MercadoDePisos.pdf