



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

EDUARDO NASCIMENTO BORGES

**PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO:
ANÁLISE NO SISTEMA CONSTRUTIVO**

**UBÁ – MG
2018**

EDUARDO NASCIMENTO BORGES

**PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO:
ANÁLISE NO SISTEMA CONSTRUTIVO**

Trabalho de conclusão curso apresentado curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel de engenharia civil.

Supervisora: Dr^a Suymara Toledo Miranda

**UBÁ – MG
2018**

RESUMO

Os pavimentos de concreto de alto desempenho tem grande aplicação em pisos de grandes galpões indústrias. Dessa forma este trabalho de conclusão de curso apresenta o estudo do sistema construtivo da pavimentação industrial, destacando-se a classificação dos principais pisos industriais: pisos industriais de concreto simples, pisos industriais de concreto com armadura distribuída, pisos industriais de concreto estruturalmente armado, pisos industriais com reforço de fibras e pisos industriais de concreto protendido. Destacando-se os componentes para sua construção e suas propriedades e funções. Esses pisos industriais são destinados a suportar grandes cargas de compressão devido ao peso dos maquinários e estoques. Para que esse piso suporte todas as solicitações de carga é importante projetos consistentes e uma mão de obra especializada, buscando sempre inovações no mercado.

Palavra-chave: Pisos industriais. Pavimento de concreto. Tipo de pavimento industrial.

SUMMARY

The high performance concrete flooring has great application on floors of large industrial sheds. In this way, this work of completion of the course presents the study of the construction system of industrial paving, highlighting the classification of the main industrial floors: industrial floors of simple concrete, industrial floors of concrete with distributed armor, industrial floors of structurally reinforced concrete, floors industrial reinforced concrete and prestressed concrete industrial floors. Highlighting the components for their construction and their properties and functions. These industrial floors are designed to withstand heavy compression loads due to the weight of machinery and inventory. In order for this floor to support all loading requests, consistent designs and a skilled workforce are important, always seeking innovations in the market.

Keyword: Industrial floors. Concrete flooring. Type of industrial floor.

1 INTRODUÇÃO

A execução de pisos industriais teve um grande avanço por volta da década de 1990, uma vez que o país estava vivendo uma estabilidade econômica, favorecendo o intercâmbio intelectual com outros países. Ocorreu nessa época, uma importante revolução tecnológica, devido às exigências do mercado, especialmente em redes varejistas que expandiam seus entrepostos comerciais (BALIEIRO, 2015).

Com o crescimento de grandes indústrias foram criadas equipes multidisciplinares, contendo engenheiros, advogados, contadores, psicólogos, incumbindo a cada profissional de fazer a tarefa que lhe foi especializada. Dentro da responsabilidade do engenheiro civil em uma indústria, está a criação de projetos de pavimentação.

Os pisos industriais são elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito esforços verticais provenientes dos carregamentos. É sobre os mesmos, que as atividades de movimentação de cargas e equipamentos se realizam, e por isso, a correta execução é fundamental para garantir seu desempenho. Precisam também, resistir a uma alta carga de tração e compressão, decorrentes das cargas provenientes dos pesos de maquinários, agrupamento de matéria prima, entre outras.

A escolha do tipo de piso industrial utilizado é muito importante, pois cada pavimento irá ter que se adequar ao tipo de serviço que nele atuar.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica dos tipos de pavimentos industriais, dando ênfase aos componentes do sistema construtivo, suas propriedades e funções e a relação com os demais elementos do sistema de pavimentação.

2 DESENVOLVIMENTO

No início da produção em massa e a tomada de controle do processo produtivo das grandes indústrias durante a revolução industrial, no século XIX, as indústrias não mediram esforços para obterem grandes lucratividades. No entanto, esse lucro que obtinham eram gerados por exaustivas jornadas de trabalho dos operários e péssimas condições de serviços (CHIAVENATO, 2014).

Após reivindicações da classe operária por melhores condições de trabalho e menores jornadas de trabalho, foram formados sindicatos e associações. Assim, houve a necessidade de pensar de qual forma igualar a lucratividade, então, teóricos como Henri Fayol, Henry Ford e Max Weber começaram a fazer estudos relacionados à atividade fabril e seus impactos na qualidade de vida dos trabalhadores (CHIAVENATO, 2014).

De acordo com a Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), o mercado de pavimentação em concreto iniciou seu desenvolvimento nos anos 1980, quando os revestimentos autonivelantes de resina chegaram ao mercado, revolucionando o segmento em função de suas propriedades físicas e químicas, além de sua estética, facilidade de conservação e limpeza.

Como o mercado estava passando por uma fase de estabilidade econômica, grandes foram os investimentos por diversos setores das indústrias, principalmente os automotivos, farmacêuticas, moveleiras, alimentação, no qual realizaram grandes avanços em suas atividades (CHIAVENATTO, 2014).

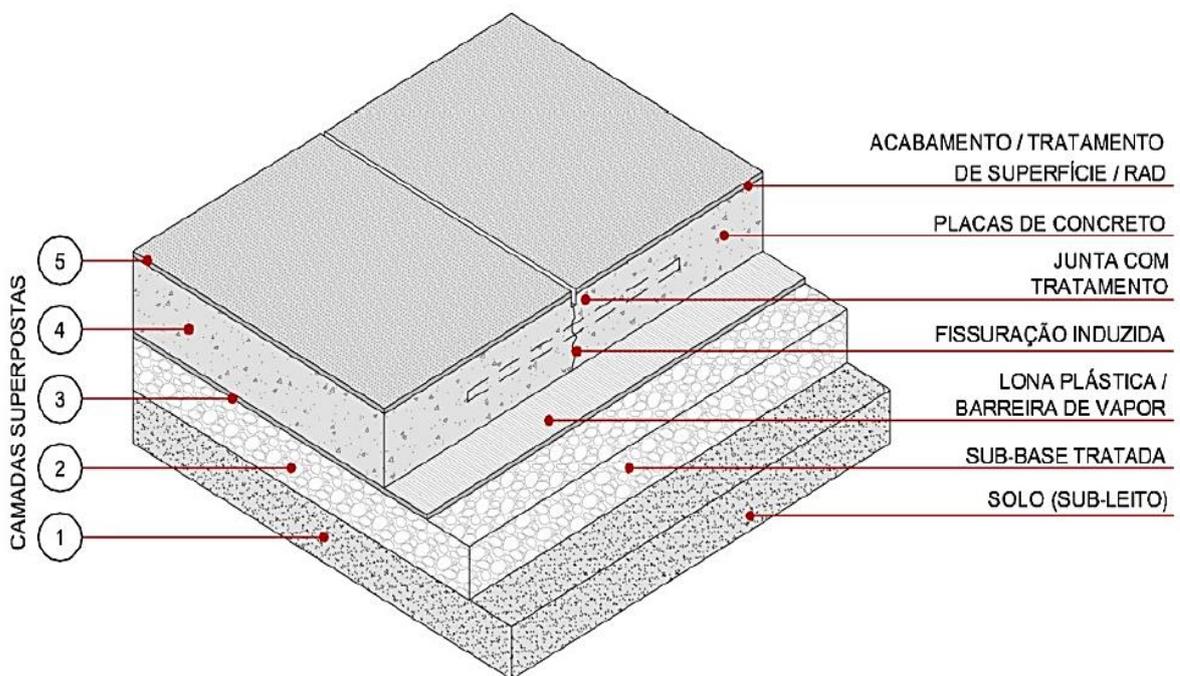
Nessas circunstâncias, um grupo concebido por fabricantes de revestimentos e equipamentos, consultores e tecnólogos foi criado para normatizar os vários tipos de revestimentos, aplicações e processos construtivos para os pavimentos de concreto e seu correto revestimento. Uma plataforma mercadológica teve que ser criada no intuito de expandir de forma organizada o setor. Então, em 2004 foi oficialmente criado a ANAPRE, na qual:

A finalidade principal da Associação é trabalhar de forma participativa e compromissada com a qualidade e com a permanente atualização tecnológica, através de ações que promovam o crescimento sustentado do mercado de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (RAD). (ANAPRE, 2018).

2.1 Classificação dos principais pisos industriais

Os componentes dos pisos industriais, no sistema construtivo de um pavimento de concreto são distribuídos em cinco camadas diferentes: solo (subleito), sub-base, barreiras de vapor (lona plástica), placas de concreto e acabamento superficial, sendo estas sobrepostas, conforme a (FIG. 1):

FIGURA 1 - Principais componentes no sistema construtivo de um pavimento de concreto



Fonte: Cruz (2015, p.14)

Cada camada tem uma importância no sistema construtivo e os cuidados na execução e no projeto tem grande relevância para a eficiência e qualidade dos pisos industriais. Essas camadas trabalham em conjunto de procedimentos integrados de um modelo construtivo e a interação entre as mesmas é fator determinante para a qualidade do pavimento (CRUZ, 2015).

Segundo Cristelli (2010), os pisos industriais são classificados em cinco tipos:

- Pisos industriais de concreto simples.
- Pisos industriais de concreto com armadura distribuída.

- Pisos industriais de concreto estruturalmente armado.
- Pisos industriais de concreto com reforço de fibras.
- Pisos industriais de concreto protendido.

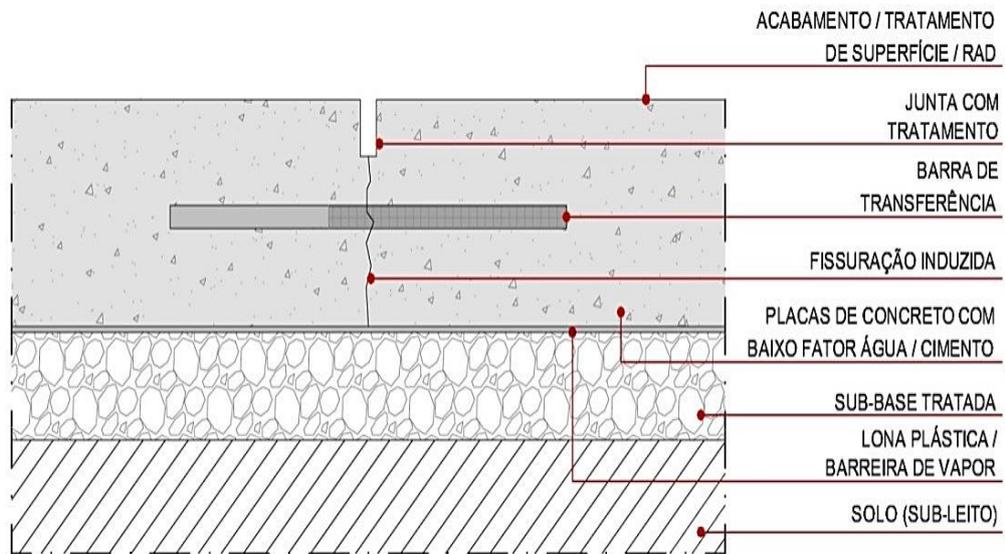
2.1.1 Pisos industriais de concreto simples

Os pisos industriais de concreto simples são pavimentos constituídos somente por placas de concreto de cimento *Portland*, apoiados na fundação com função de resistir aos esforços de tração e compressão. As placas de concreto são separadas por juntas moldadas ou serradas, de forma a combater a retração, o empenamento e a dilatação térmica (OLIVEIRA, 2000).

Os pavimentos de concreto simples podem ser feitos em dois modelos de confecção: sem barras de transferências e com barras de transferências. As barras de transferência são colocadas no piso com a finalidade de distribuir esforços entre as placas e melhorar o desempenho do pavimento, evitando patologias nas áreas das juntas. Nas placas de concretos simples, não há presença de armadura estrutural ou de combate à retração, entretanto, pode-se empregar dispositivos de transferência de carga, tais como, barras de transferência ou barras de ligação, não se descaracterizando como um sistema de pavimentação de concreto simples (CRUZ, 2015).

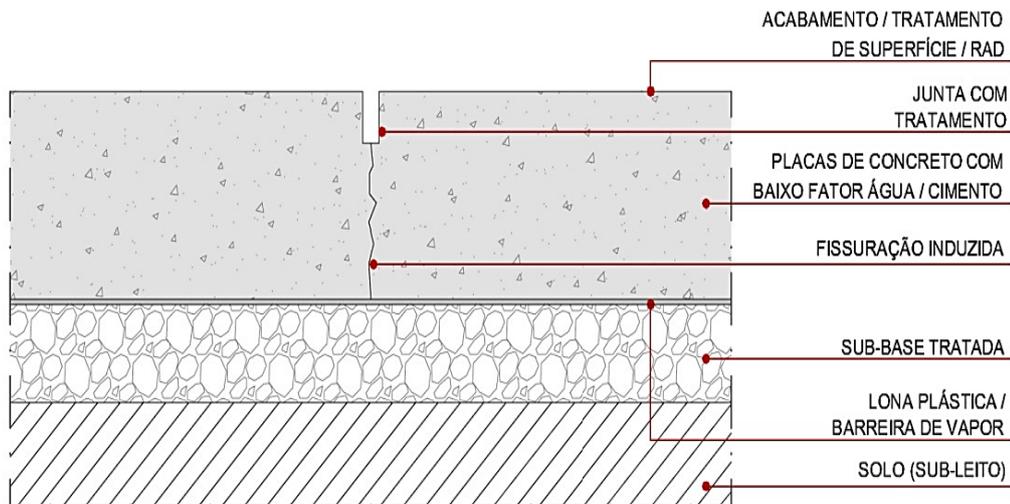
As FIG. 2 e 3 ilustram respectivamente, pisos com adição de barras de transferência e sem barras de transferência.

Figura 2 - Piso com adição de barras de transferência



Fonte: Cristelli (2010, p.32)

Figura 3 - Piso sem adição de barras de transferência.



Fonte: Cristelli (2010, p.32)

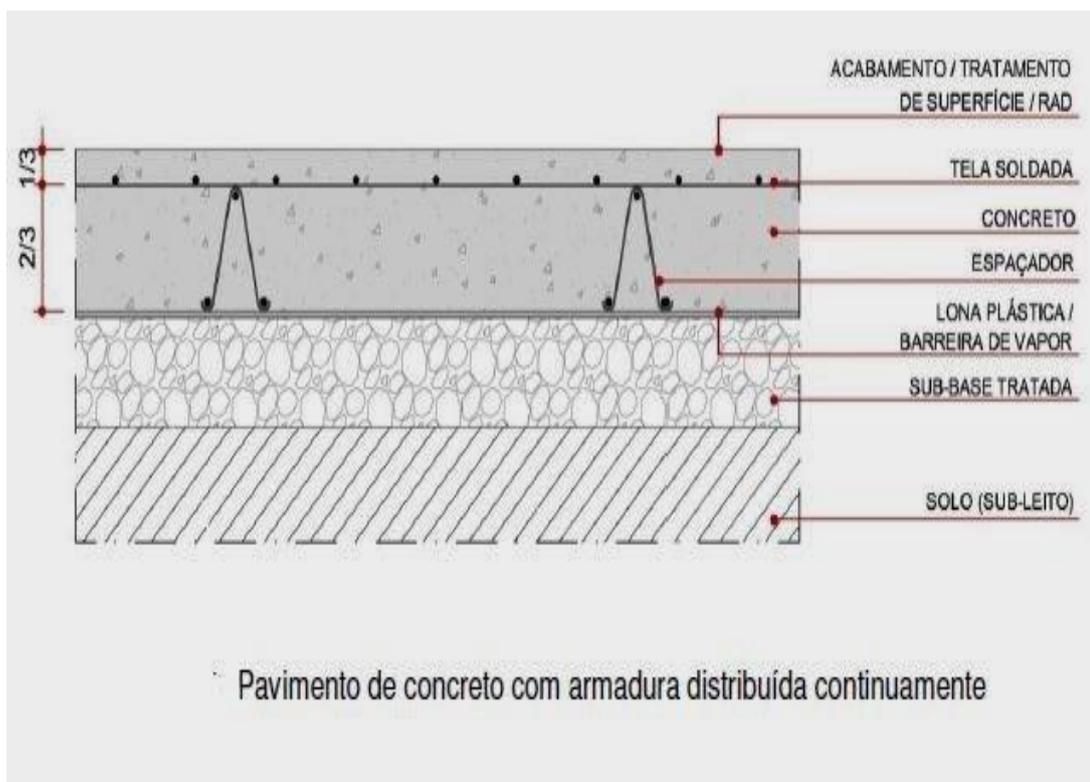
2.1.2 Piso industrial de concreto com armadura distribuída

Os pavimentos de concreto com armadura distribuída são constituídos de placas de concreto com uma tela localizada no terço superior, com o intuito de reduzir a fissuração obtida pela retratação por secagem do concreto. (CRISTELLI, 2010).

A utilização de malhas diminuem os números de juntas, permitindo a construção de placas de concreto de até 30 metros de comprimento e 06 metros de largura, apesar de que o comprimento praticado seja de 15 metros (OLIVEIRA, 2000).

A montagem da armadura pode ser feita “*in loco*”, conforme as especificações feitas em projeto, como tipo de aço, bitola e espaçamentos. Contudo, para agilizar os processos construtivos, foi desenvolvida uma recente tecnologia de telas soldadas pelo Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS). As telas devem ser posicionadas no terço superior da placa de concreto, devendo apresentar cobertura mínima de 05 centímetros (CRISTELLI, 2010). A FIG. 4 ilustra um pavimento industrial de concreto com armadura distribuída.

Figura 4 - Piso industrial de concreto com armadura distribuída



Fonte: Cristelli (2010, p.37)

2.1.3 Piso industrial de concreto estruturalmente armado

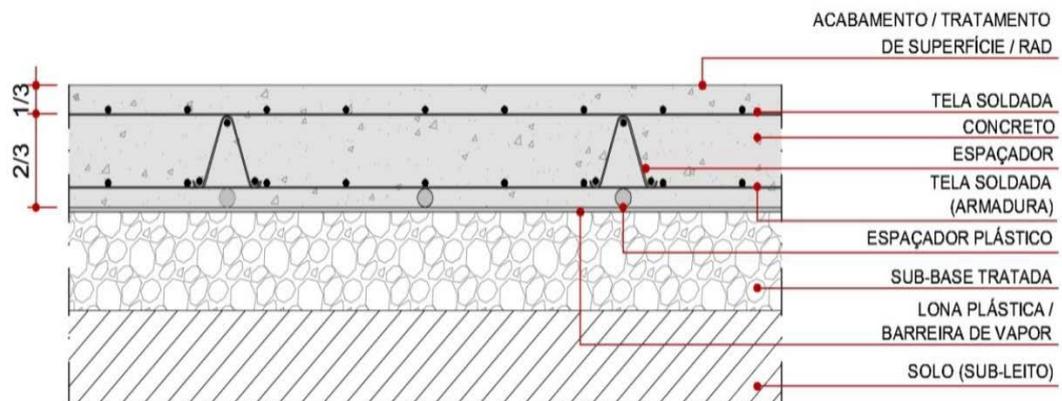
Piso industrial de concreto estruturalmente armado é o tipo de pavimento que é formado por placas armadas. Neste tipo de piso, onde a armadura que fica na

parte inferior é responsável por combater os esforços de tração gerados por carregamentos, e a armadura que fica na parte superior é responsável por controlar as fissuras ocasionadas pela retração. O aço das placas tem a função de resistir á essa tensão, fazendo com que diminua a espessura do concreto (CRISTELLI, 2010).

O piso de concreto estruturalmente armado é recomendado em lugares nos quais o solo tem baixa resistência, e de acordo com o dimensionamento prévio, poderá apresentar índices variados de armação de combate á tração (CRISTELLI, 2010).

A concretagem das placas possui barras de transferências nas juntas para garantir ao piso uma ação estrutural mais estável na região das bordas. As placas de concreto estruturalmente armado tem em média 15 metros de comprimento e 14 a 16 centímetros de espessura (OLIVEIRA, 2000). A FIG. 5 ilustra um piso industrial de concreto estruturalmente armado.

Figura 5 - Piso industrial de concreto estruturalmente armado



Fonte: Cristelli (2010, p.37)

2.1.4 Pisos industriais com reforço de fibras

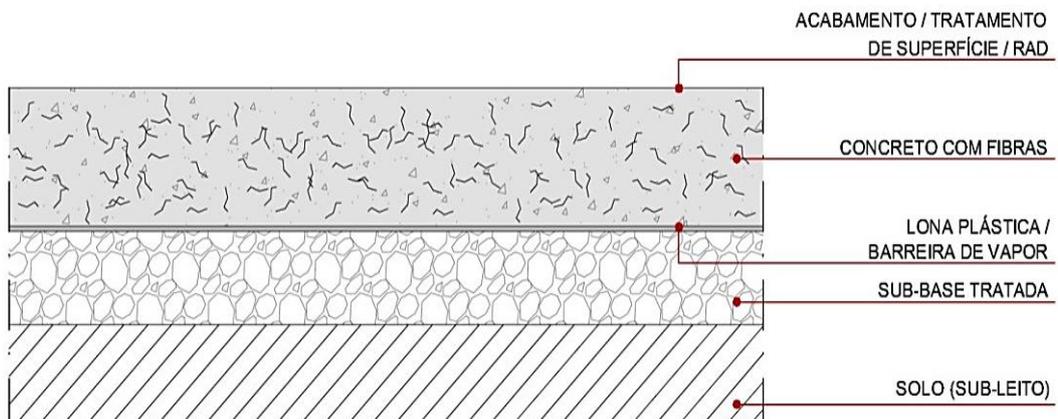
No que se refere aos pisos industriais com reforço de fibras, como o próprio nome enuncia, são constituídos de placas de concreto com o acréscimo de fibras. O concreto feito com fibras apresenta maior resistência a impacto, desgaste e fissuração, além de possuir maior ductilidade (OLIVEIRA, 2000).

As fibras são produzidas a partir de materiais trefilados de alta resistência e são misturadas antes da execução do piso (CHODOUNSKY, 2007), o. As fibras são classificadas em:

- Naturais e inorgânicas (asbesto ou amianto)
- Sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro)
- Naturais e orgânicas (celulose)
- Sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono)

Geralmente, a adição de fibras no concreto é de 0,25% do volume total, em vez que quanto maior for a quantidade de fibras maior será a possibilidade de uma fissura (CHODOUNSKY, 2007). A FIG. 6 representa um piso industrial reforçado com fibra.

Figura 6 - Piso industrial com reforço de fibras



Fonte: Cristelli (2010, p.40)

2.1.5 Pisos industriais de concreto protendido

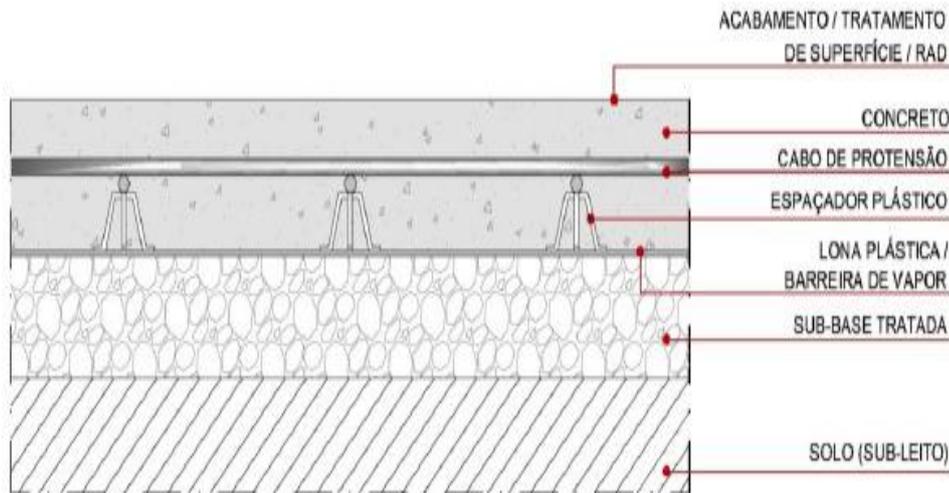
O piso de concreto protendido consiste em um reforço na armadura de alta resistência, tracionados por macacos hidráulicos, na qual a força é transmitida à placa de concreto por meio das ancoragens posicionadas nas extremidades (CRUZ, 2015).

A durabilidade das placas de concreto diminui com o aumento das juntas. Dessa forma, pode-se afirmar que a manutenção será reduzida em pisos protendidos, uma vez que a protensão é um meio eficiente na redução do número de juntas (CHODOUNSKY, 2007).

O piso protendido tem muitas vantagens em relação aos sistemas construtivos, resultando em durabilidade, custos competitivos, além de neles utilizar

placas de dimensões maiores que 100 metros. Entretanto, a técnica de construção impõe grandes cuidados em seus processos, dando destaque ao planejamento de execução e definindo as estratégias para cada etapa da obra (CRISTELLI, 2010). A FIG.7 ilustra um piso industrial com cabos de protensão.

Figura 7 - Piso industrial de concreto protendido



Fonte: Cristelli (2010, p.39)

2.2 Componentes para construção de pisos industriais de concreto

2.2.1 Preparação do subleito (solo)

O subleito é uma camada que tem a finalidade de absorver os esforços dos carregamentos que são transmitidos para as placas de concreto e sub-bases (CRISTELLI, 2010).

As preparações do subleito começam nos serviços de terraplanagem, onde a regularização resume-se na correção e na compactação do solo (Balbo, 2009).

A compactação do solo tem como objetivo aumentar o contato dos grãos uns com os outros em busca de tornar o terreno mais homogêneo, buscando elevar a densidade e diminuir os índices de vazios. Além disso, a compactação no solo tem como dever reduzir futuros recalques, elevar a rigidez e a resistência, e diminuir a permeabilidade, ou seja, reduzir a capacidade de conduzir fluidos, especialmente a água (PINTO, 2006).

Segundo Cristelli (2010) é de grande importância o estudo do solo, para que tenha a partir de ensaios, avaliações detalhadas e estudos das informações geotécnicas, para que o projeto de pavimentação seja concluído com um alto nível de segurança e tenha uma relação com custo e durabilidade (CRISTELLI, 2010).

Referência mundial em geotecnia, o engenheiro americano Ralph Proctor desenvolveu e normatizou pela primeira vez em 1933 os ensaios de compactação do solo. No Brasil, a execução do ensaio possui os mesmos preceitos do geotecnista e é regulamentado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela Norma Brasileira Recomendada (NBR) 7182, de 1986 – Ensaio de Compactação. (PINTO, 2016).

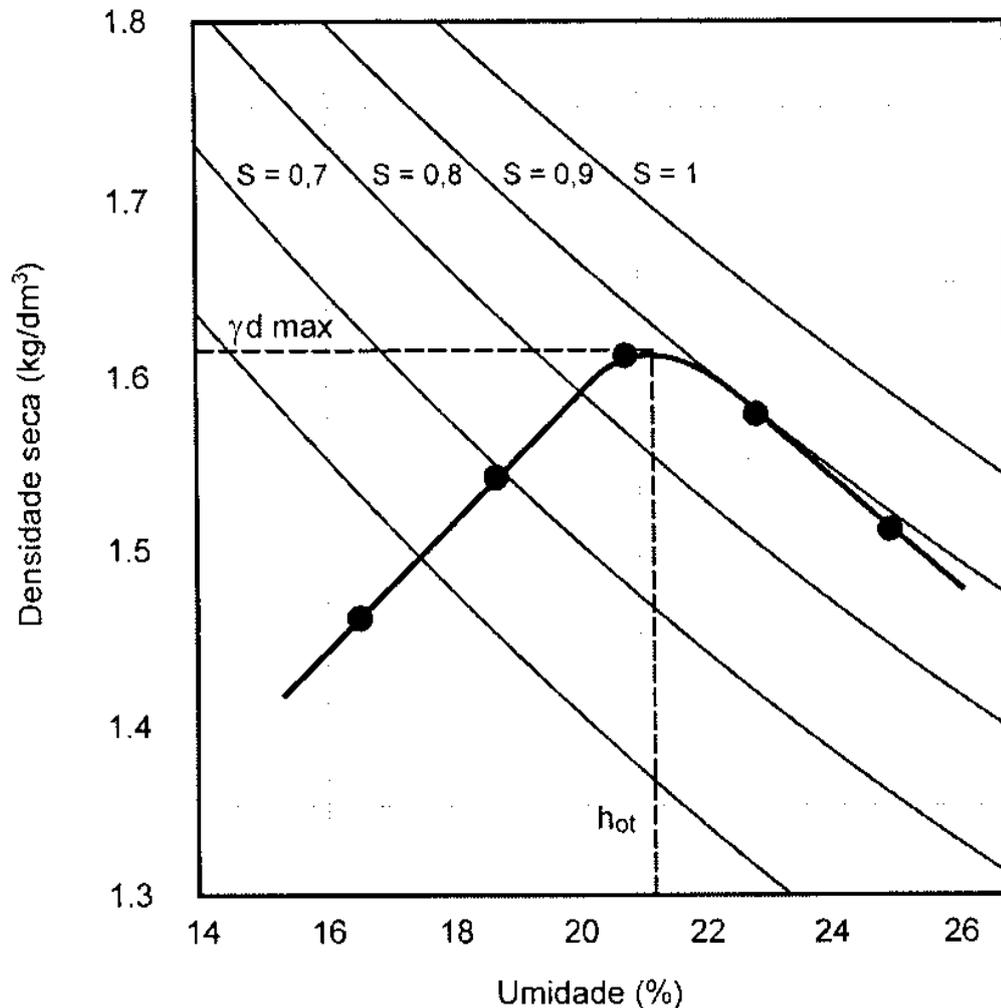
De acordo com NBR 7182 (ABNT, 1986), o ensaio deve começar com o solo devidamente seco e destorroado. Em seguida é colocada água suficiente para que o solo fique com de 5% a menos de sua umidade ótima.

Em seguida a umidade regularizada, põe-se o solo em recipiente para fazer os ensaios de forma que as camadas fiquem em quantidades definidas de acordo com a norma. O propósito deste ensaio é determinar a massa específica do solo e confrontá-la à umidade preestabelecida. De acordo que vai aumentando o teor de umidade do solo, os ensaios se repetem, até o ponto que duas tentativas sucessivas a massa específica se mantêm constante. O que se interpreta desse fato, é que a amostra do solo já expulsou todo ar possível de seu interior.

Em seguida, faz-se um gráfico de modo que para cada teor de umidade adota-se o eixo das abcissas, e no eixo das ordenadas localiza a densidade seca, de forma que se confeccione uma curva. O cume da curva retrata a umidade de compactação ótima do solo (FIG. 8). Consta-se que, existem curvas auxiliares conhecidas como “S”, onde essas curvas representam o grau de saturação no solo, de modo que o valor 1 representa 100% de saturação para o solo em análise.

Segundo Pinto (2006), o solo pode estar em qualquer ponto da curva de saturação, mais jamais acima dela, pois em solo supersaturado as forças de atração entre os grãos são separadas e começam a atuar como partículas dispersas na água. Ainda de acordo com Pinto (2006), os pontos ótimos da curva situam-se entre 0,9 e 1 da curva de saturação. Para pavimentos rígidos sugere-se que os pontos sejam entre 0,95 e 1, dando-se como pontos ótimos acima de 0,98 (ANAPRE, 2016).

Figura 8 - Curva de compactação.

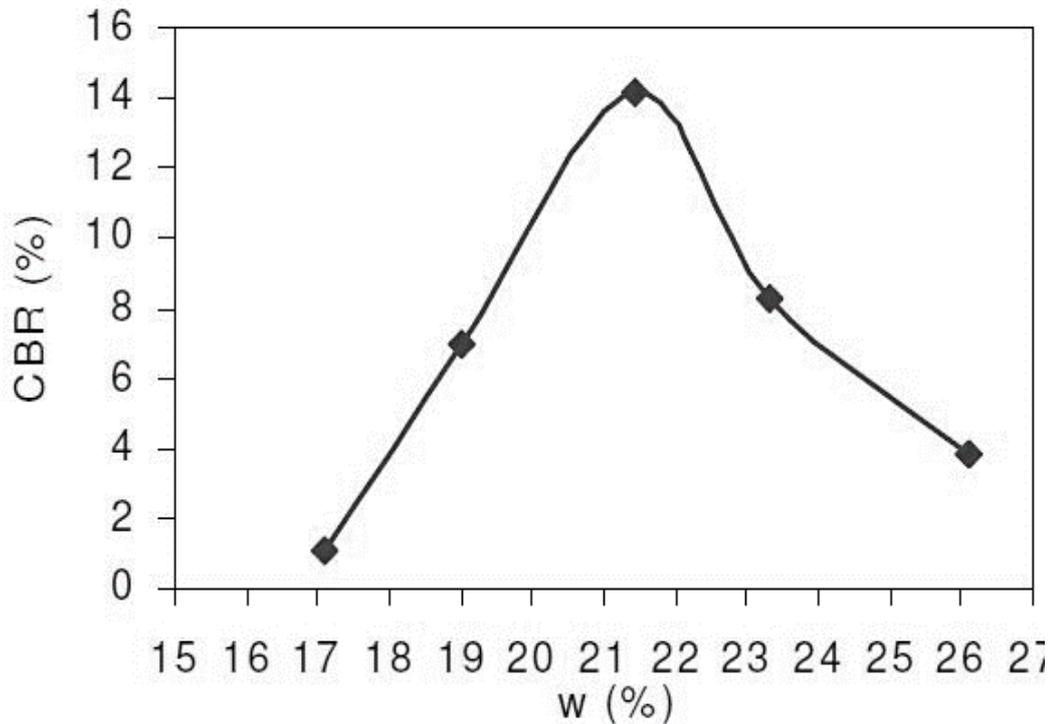


Fonte: Pinto (2006, p.79)

Após o solo compactado, é importante identificar a sua resistência e compreender o comportamento quando saturado. Para este caso, o ensaio normatizado é NBR 9895 (ABNT, 1987). A norma “prescreve o método para determinar o valor do Índice de Suporte Califórnia e da expansão de solos em laboratório” (ABNT, 1987, p. 1).

O ISC é mais conhecido pela sigla CBR, que significa *California Bearing Ratio*. Basicamente, o ensaio determina a relação entre a pressão exercida por uma peça para penetrar até determinada profundidade em um solo estabilizado e com umidade ótima e a pressão necessária para que a mesma peça penetre no solo de referência. Do resultado, obtém-se o índice CBR, expresso em porcentagem, que correlaciona o índice de umidade utilizado na compactação à resistência adquirida pelo solo nesse processo (ABNT, 1987). Conforme a figura (FIG. 9).

Figura 9 - Curva do índice CBR expresso em função da umidade ótima (w)



Fonte: (GEOTECNIA E FUNDAÇÃO, 2016)¹

Para que o solo seja caracterizado como um subleito ele deve ter CBR no mínimo de 10% e expansibilidade do solo saturado de no máximo 1% de seu volume. Solos com CBR inferiores de 10% são considerados solos fracos, com necessidade de reforço, em geral com pedra brita. Quando a expansibilidade é maior que 1 %, são considerados solos com grandes índices de permeabilidade, podendo prejudicar o pavimento acabado (ANAPRE, 2016). A FIG.10 retrata um subleito pronto para receber a sub-base, o solo está com as características especificadas para receber o pavimento futuro.

¹ GEOTECNIA E FUNDAÇÃO, 2016. Disponível em: <http://sites.google.com/site/geotecniaefundacao/_/rsrc/1382791489899/terraplenagem/compactacao-de-solos>. Acesso em: 14 de out. 2018

Figura 10 – Solo compactado em condições ideais de projeto



Fonte: Silva (2016, p.11)

2.2.2 Sub-base

As sub-bases são componentes estruturais, interpostos entre as placas de concreto e o subleito. A sub-base é necessária em virtude do caráter instável do solo, que mesmo apresentando-se compactado aos níveis recomendados, ainda apresenta substâncias nocivas ao concreto (RODRIGUES; FARIA; SILVA, 2015).

A importância da sub-base é fácil de compreender quando se imagina o sistema estrutural de uma placa de concreto ($E_c = 28000 \text{ MPa}$), apoiada sobre um solo mediano ($E_s = 80 \text{ MPa}$): a relação entre os módulos acaba sendo muito elevada, pois o módulo de deformação da placa acaba sendo centenas de vezes mais alta do que o do solo. Se entre os dois materiais e colocada uma camada de, por exemplo, brita graduada ($E_{SB} = 300 \text{ MPa}$), a relação E_c/E_{SB} passa a ser aproximadamente 100 e entre E_{SB}/E_s próxima a 3. Obviamente que a rigidez das diversas camadas não é função apenas do módulo de elasticidade delas, mas também da espessura, mas parece razoável que quando introduzimos uma camada de rigidez intermediária entre a placa e o solo o sistema passa a ser mais harmônico, controlando principalmente os deslocamentos verticais (RODRIGUES et al., 2015, p.20).

De acordo com Pitta (1990, *apud* CRISTELLI, 2010, p.54), as sub-bases são responsáveis por evitar a possibilidade do bombeamento de solos finos plásticos, por meio das juntas, fissuras das placas de concreto e bordas. Este fenômeno acontece quando, ao ser supersaturado, os fragmentos dos finos do solo compostos pelo subleito tendem a subir pelas juntas das placas de concreto chegando à superfície do piso. Esta ação acontece por altas cargas que o pavimento está sendo submetido. As sub-bases, também, devem evitar a variação excessiva do material do subleito, em decorrência da expansão e retração hidráulica heterogênea do solo, além serem responsáveis para uniformizar o comportamento mecânico da fundação ao longo do piso, com o propósito de distribuir as tensões do carregamento em maiores área de apoio.

As sub-bases são divididas em granuladas e estabilizadas. Considera-se estabilizadas, as sub-bases que são compostas por solo e um tipo de aglomerante, já as sub-bases granuladas são feitas por um material de várias granulometrias (PITTA, 1990 *apud* CRISTELLI, 2010, p.54).

As sub-bases que apresentam maior desempenho são aquelas compostas por solo melhorado com cimento. Suas características fazem com que o terreno tenha uma diminuição nas deformações, já que as tensões que são transportadas ao subleito diminuem, fazendo com que o pavimento ganhe qualidade (CRISTELLI, 2010).

“Por meio de ensaios laboratoriais se extrai as características da sub-base, onde as bases granulares são sujeitas aos ensaios da norma NBR 7181 (ABNT, 1984)-Solo análise granulométrica” (LEVY, 2009, *apud* SILVA, 2016, p. 11). A FIG. 11 apresenta a realização de sub-base composta por brita, uma das técnicas mais utilizadas na composição dos pisos industriais.

Figura 11- Sub-base de solo melhorado com cimento



Fonte: (ECOSUL, 2016²)

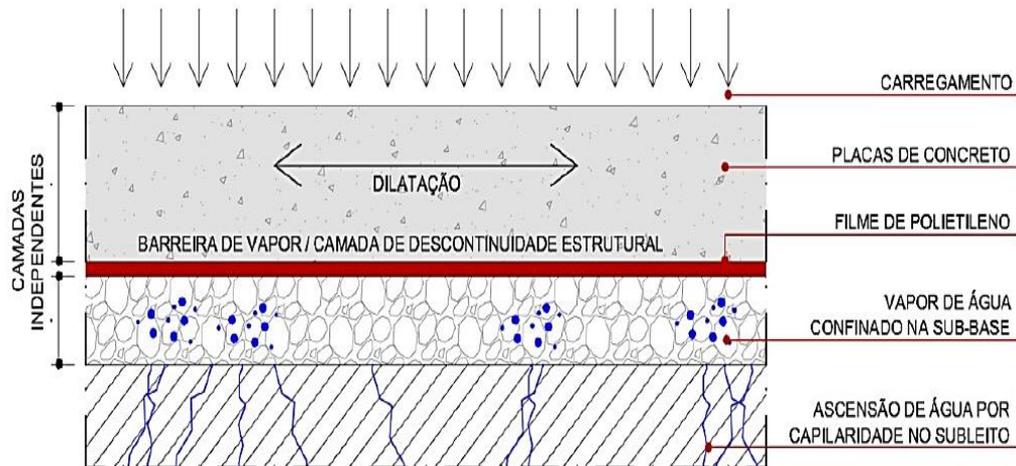
2.2.3 Barreiras de vapor

De acordo com a ANAPRE as barreiras de vapor são constituídas por camadas impermeáveis, como lonas de polietileno, que ajudam a acabar com a umidade do solo.

De acordo com Cristelli (2010), as lonas plásticas fazem com que a sub-base e as placas de concreto não se unam, garantindo boas condições de movimentação das placas, em consequência das variações de comprimento, por conta da dilatação e retração do concreto. As lonas plásticas garantem também que as placas de concreto não percam água para o solo, auxiliando a cura do concreto. A FIG.12 mostra o comportamento das lonas plásticas constituindo parte do pavimento de concreto.

² ECOSUL, 2016, Disponível em:< blog.ecosul.com.br/wp-content/uploads/2013/12/Bloqueio-para-sub-base-Amanda-Montagna-STE-S.A.jpg >. Acesso em: 14 de out. 2018.

FIGURA 12- Comportamento de lonas plásticas no pavimento de concreto



Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.63)

2.2.4 Barras de transferência

As barras de transferência são feitas de aço CA-25, de seção circular, maciça e lisa. Elas devem ser colocadas em todas as juntas, devendo ser engraxadas em 60 % do seu comprimento ou envolvidas em um filme PVC com termo retrátil, a fim de proporcionar a transferência de forças verticais, sem impedir a retração e dilatação das placas (BALIEIRO, 2015).

As barras de transferência tem comprimento padrão de 50 cm e diâmetro que podem variar de 10 mm a 32 mm (TAMAKI, 2011 *apud* SILVA, 2015).

2.2.5 Placas de Concreto

De acordo com Senço (2001), os pavimentos de concreto são constituídos por placas de concreto de cimento simples, concretizado em conformidade com os projetos e resignado a um controle tecnológico e geométrico.

O concreto é composto por cimento Portland simples ou de alta resistência inicial, agregados e água, ao ser hidratado pela água, o cimento entra em uma reação química, endurecendo adquirindo uma elevada resistência á compressão. O concreto deve resistências aos agentes agressivos, os provenientes da superfície em contato com o ambiente externo, como os agentes oriundos do solo (SENÇO, 2001).

A NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto: controle, preparo, recebimento e aceitação, estabelece um critério entre as classes de agressividade do ambiente e o impacto que a agressividade pode gerar no concreto. De acordo com a norma os pisos indústrias de concreto possui classe de agressividade III e IV. Quanto maior for a classe de agressividade maior será o consumo de cimento.

As placas de concreto são as partes mais importantes do pavimento industrial, pois são responsáveis por absorver as cargas e distribuir de maneira uniforme a todas as camadas de suporte inferior (CRISTELLI, 2010).

Para um bom dimensionamento das placas de concreto, deverão ser consideradas algumas ações responsáveis por gerar carregamento nas placas. O QUADRO 1, mostra a classificação dos carregamentos impostos aos pisos industriais.

Quadro 1 - Classificação dos carregamentos impostos aos pisos industriais

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

Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.66)

2.2.5.1 Ações indiretas

De acordo com o conteúdo exposto acima, são consideradas ações indiretas nas placas de concreto: a retração, dilatação térmica e o empenamento.

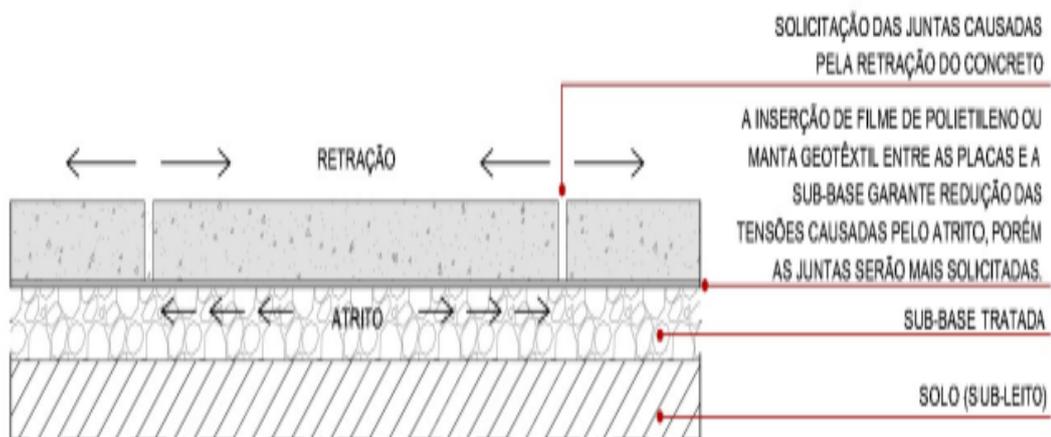
A retração é um fenômeno que acontece quando ocorre uma redução dos volumes dos produtos descendentes da hidratação ou quando a água que sobrou nas cavidades começa a evaporar, o que causa uma redução do volume de

concreto, essa diminuição da placa será maior quanto maiores forem as dimensões das placas de concreto (BALIEIRO, 2015).

O aparecimento das fissuras não depende apenas da retração, mas também da sua resistência, do grau de restrição à deformação e da deformabilidade do concreto. Para diminuir a fissuração por retração, utiliza-se a técnica de cura do concreto, evitando assim, a perda da água do concreto para o ar, nos primeiros dias de lançamento (OLIVEIRA, 2000).

A fissuração em grandes proporções gerará o aparecimento de fissuras na placa de concreto, que, se não disciplinadas por juntas, poderá levar a ruptura do pavimento (BALIEIRO, 2015). A FIG.13 ilustra o processo de retração nas placas de concreto.

Figura 13 - processo de retração nas placas de concreto.



Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.68)

A dilatação térmica se caracteriza por variações de volume, ocasionadas pelo aumento na temperatura. Quando se tem um acréscimo na temperatura, as placas tendem a aumentar seu volume (OLIVEIRA, 2000).

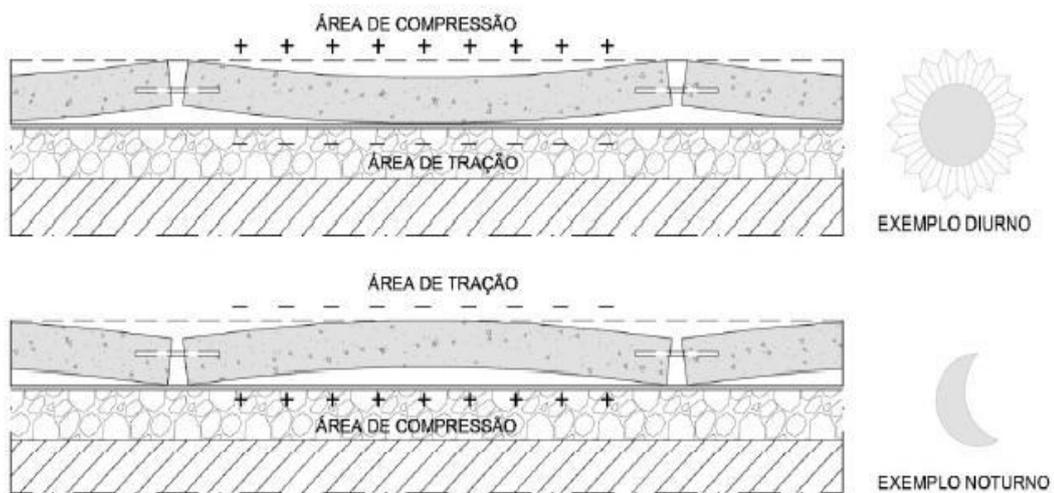
Em termodinâmica, dilatação térmica é o nome que se dá ao aumento do volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, o que causa o aumento no grau de agitação de suas moléculas e conseqüentemente aumento na distância média entre as mesmas. Essa variação de volume gera tensões de tração e compressão internas nas placas 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. (BALIEIRO, 2015, p.13).

O empenamento ocorre devido ao nível de temperatura na sua espessura. Durante o dia, o sol tende a aquecer a parte superior do pavimento, fazendo que a face superior aqueça a uma velocidade superior que as camadas inferiores, portanto, a fibra externa tende a dilatar mais que a interna. Durante a noite, a camada superior tende alcançar a temperatura mais baixa, primeiro que a inferior, fazendo com que se retraia primeiro (CRISTELLI, 2010). A FIG. 14, retrata essa situação.

O empenamento causado pelo aquecimento ou resfriamento do ambiente, provocando variações térmicas ao longo da espessura da placa de concreto o peso próprio e a inserção de barras de transferência para combater o empenamento, porém as tensões geradas nas regiões devem ser cuidadosamente estudadas (CRISTELLI, 2010, p.69).

Figura 14 - Ação de empenamento nas placas considerando as variações térmicas do ambiente.



O EMPENAMENTO CAUSADO PELO AQUECIMENTO OU RESFRIAMENTO DO AMBIENTE, PROVOCANDO VARIAÇÕES TÉRMICAS AO LONGO DA ESPESSURA DA PLACA DE CONCRETO. O PESO PRÓPRIO E A INSERÇÃO DE BARRAS DE TRANSFERÊNCIA PODEM COMBATER O EMPENAMENTO, PORÉM AS TENSÕES GERADAS NAS REGIÕES DEVEM SER CUIDADOSAMENTE ESTUDADAS.

Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.69)

2.2.5.2 Ações Diretas

As ações diretas podem ser móveis, causadas pelo tráfego de empilhadeira, paleteiras, ou estático, causados por carregamentos fixos, como estantes de estocagem, maquinário industrial (OLIVEIRA, 2000).

Os carregamentos móveis atuam em pisos industriais com grande frequência e com curta duração. Para uma boa durabilidade dos pavimentos a análise do tráfego das empilhadeiras e paleteiras, e suas particularidades (rigidez do material das rodas, rolamentos e distancia entre eixos) são de grande importância (CRISTELLI, 2010).

Em se tratando de carregamentos estáticos, o critério levado em conta para a classificação, é a relação de distribuição dos esforços em diferentes áreas, ou seja, o dimensionamento estrutural é aplicado levando em conta as solicitações de tração, compressão e momento fletor (CRISTELLI, 2010). O QUADRO 2, abaixo caracteriza os carregamentos estático.

Quadro 2 - Caracterização dos carregamentos estáticos

Carregamentos Estáticos	Definição	Comportamento estrutural	Exemplo
Cargas lineares	Esforços concentrados com grande extensão.	Aumento das tensões internas da placa causando por momento fletor.	Alvenarias apoiadas sobre placas de concreto sem vigamento inferior.
Cargas distribuídas	Distribuição dos esforços em grandes áreas.	Elevada sollicitação 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.	Base de estantes que apresentam apoio com áreas reduzidas.

Fonte: Cristelli, 2010. Adaptado pelo autor

2.2.5.3 Procedimento de cura

O processo de cura dos pavimentos industriais merecem cuidados maiores, pois devido há grande área exposta, as condições ambientais exercem grande influência na qualidade do concreto, podendo causar a evaporação da água necessária para hidratação do concreto (CRISTELLI, 2010).

Devido as dificuldades encontradas para os procedimentos de cura, sobretudo pela logística de execução dos acabamentos superficiais, é indicado o procedimento de cura por etapas. A cura inicial, que é chamada de cura química, onde através da aplicação de líquidos retardadores de evaporação ainda nas faces iniciais de acabamento, e a cura complementar, até que o concreto atinja 75% de sua resistência, feita através de saturação de umidade em dispositivos inertes dispostos na superfície da placa (CRISTELLI, 2010).

2.2.6 Acabamento Superficial

O acabamento da superfície da placa é praticado por uma máquina acabadora a qual dispõem de uma régua vibratória que faz o desempenho necessário do pavimento (SENÇO, 2001).

A escolha do processo de acabamento superficial vai de acordo com o que funciona na área, uma vez que o piso fica exposto a agentes agressores no período de operação, ações externas de carregamentos. O acabamento superficial aumenta a resistência ao desgaste superficial por abrasão, remoção das imperfeições, nivelamento de acordo com o projeto e conseqüentemente o pavimento fica com boas condições de trafego dos equipamentos (CRISTELLI, 2010).

Conforme a NBR14931/2004: "Execução de estruturas de concreto", para um bom acabamento superficial não se deve fazer processos de vibrações de longa duração, recorrente no mesmo local, pois provoca a segregação do material e a migração do material fino e da água para a superfície (exsudação), prejudicando a qualidade da superfície final, com o conseqüente aparecimento de efeitos indesejáveis.

2.2.7 Juntas

As juntas são elementos incorporados ao concreto, e tem como objetivo evitar fissuras ou trincas em locais não desejados, que acontece pela variação da temperatura, umidade, cargas do tráfego e da própria retração do concreto (SENÇO, 2001).

De acordo com Chodiunsky (2007) as juntas são elementos sensíveis, onde se deve ter um cuidado especial na sua execução. Estima-se que dois terços dos problemas ocasionados em pavimentos de concreto estão relacionados à falha nas juntas.

Segundo Rodrigues *et al.*(2006, apud Balieiro 2015), as juntas dos pisos industriais se classificam em três tipologias:

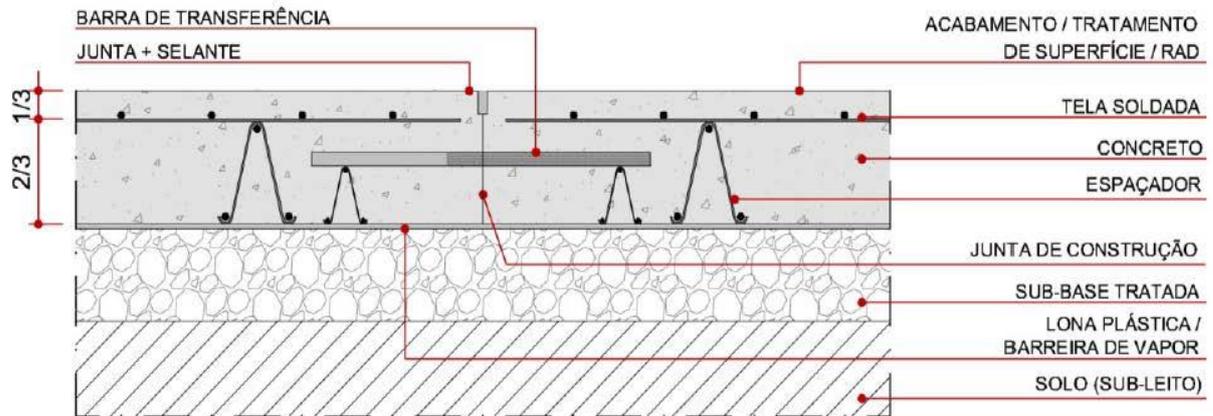
- Juntas de construção (JC)
- Juntas serradas (JS)
- Juntas de encontro (JE)

2.2.7.1 Juntas de construção (JC)

As juntas de construção são geralmente longitudinais nas obras, e elas são limitadas de acordo com as formas da placa de concreto. No processo de desforma, a junta sofre exsudação e segregação devido às vibrações que ocorrem, podendo levar a ocorrência de defeitos (CHODOUNSKY, 2007).

Devido a este problema apresentado pelas juntas, é recomendado que sejam posicionadas em locais onde o tráfego de empilhadeiras é reduzido. Em locais onde há o tráfego de empilhadeiras pneumáticas, é recomendado o tratamento nas juntas com selantes mais flexíveis ou mais rígido, dependendo do volume de tráfego. E em locais onde há o tráfego de empilhadeiras com rodagem maciça, é indicado o tratamento com argamassa epóxi. As juntas de construção devem ser cortadas em uma profundidade de até de 25 mm (BALIEIRO, 2015). A FIG. 15 ilustra o esquema da junta de construção e a FIG.16 apresenta o detalhamento de uma junta de construção com barras de transferência após a desforma.

Figura 15- Esquema de junta de construção



Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.89)

Figura 16- Detalhamento de uma junta de construção com barras de transferência após a desforma



Fonte: (MANETONI, 2018)³

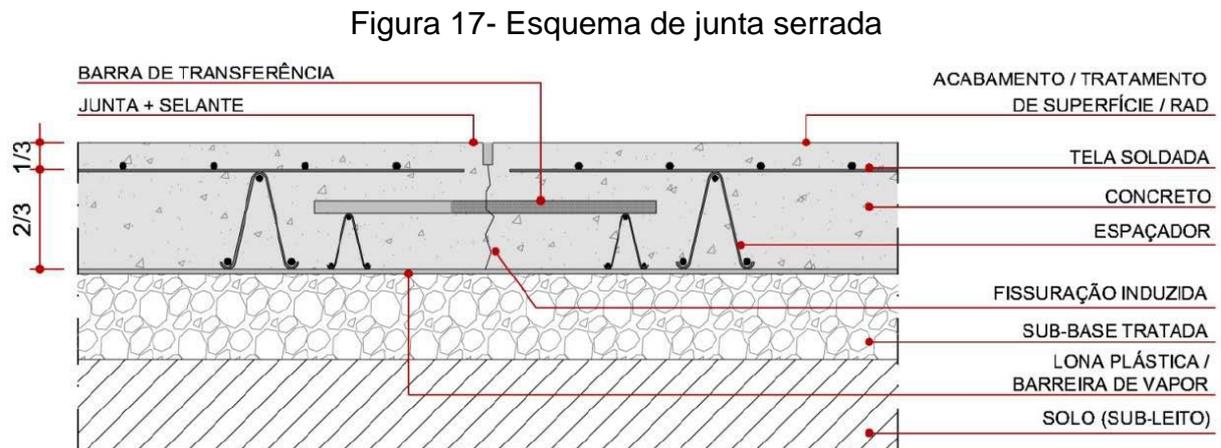
2.2.7.2 Juntas Serradas (JS)

As juntas serradas são transversais de retração, onde são cortadas com disco de diamante e maquinário específico e tem a função de combater as fissuras ocasionadas pela retração. Suas dimensões e espaçamentos são calculados de acordo com o sistema de piso adotado em conformidade com o projeto (CRISTELLI, 2010).

³ MANETONI, 2018. Disponível em: < www.manetoni.com.br/produto-barra-de-transferencia.html >. Acesso em: 15 de out. 2018

A profundidade com que a junta deve ser cortada é de até $1/3$ da espessura do piso e a abertura de 3 a 4 mm induzindo a fissura ao seu leito, esse processo deve acontecer no período de 04 á 12 horas após a concretagem (BALIEIRO, 2015).

O preenchimento das juntas serradas, devem ser realizados com epóxi semirrígido, em locais de operação de empilhadeiras de rodas rígidas. Nas demais situações o preenchimento das juntas pode ser realizado com selante de poliuretano (CECATTO, 2009). A FIG. 17 representa um esquema de junta serrada.



Fonte: (CRISTELLI, 2010, p.91)

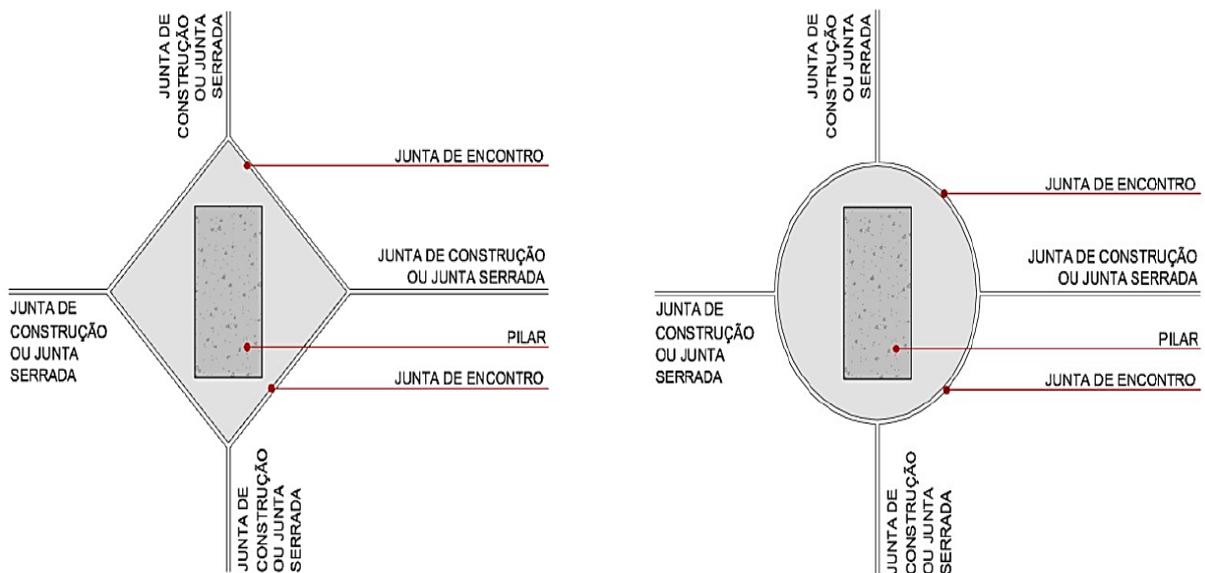
2.2.7.3 Juntas de Encontro (JE)

As juntas de expansão são elementos que separam as placas do piso das estruturas adjacentes, impedindo a transferência de carregamentos e esforços horizontais para estes elementos, sobretudo os fenômenos de retração e dilatação térmica (CRISTELLI, 2010, p.92).

As juntas de encontro ou expansão devem ser separadas durante a concretagem das estruturas adjacentes, como pilares, bases de estruturas metálicas, vigas baldrame, entre outros. Para mantermos a distância, devem ser utilizados materiais compressíveis com boa resistência, como por exemplo, isopores e borracha. Além do mais, há necessidade de um reforço na armadura com o intuito de diminuir os esforços e evitar as fissuras no piso. A espessura da junta deve ser de 5 a 20 mm (BALIEIRO, 2015).

A FIG. 18 ilustra as juntas de encontro ideais para pilares. Também são necessárias no encontro dos pisos com as paredes e com qualquer outra peça estrutural que caracterize um impedimento na continuidade do piso.

Figura 18 - Junta de Encontro



Fonte: (CRISTELLI, 2010, p. 92)

2.2.8 Execução de pavimentos industriais

Para que o desempenho dos pavimentos industriais seja garantido, é importante que cada etapa da execução seja bem coordenada. Destacando a etapa do projeto como a mais importante, pois é no mesmo que deve-se observar qual processo execução, logística executiva, tecnologias empregadas, de forma a proporcionar custo/benefício melhor (CRISTELLI, 2010).

De acordo com Cristelli (2010), o projeto para pavimento industrial deverá apresentar os seguintes dados:

- Método de preparação do subleito e índices de compactação;
- Sistema de sub-base (composição granulométrica e índices aceitáveis de nivelamento);
- Especificação de barreira de vapor (espessura e tipo de material);
- Definição do sistema quanto ao reforço estrutural e dimensionamento e

memória de cálculo de todos os elementos componentes;

- Plano de concretagem e detalhamento das formas;
- Especificação do concreto (resistência, mecânica, classificação e consumo de cimento, controle de abatimento, fator água/cimento, teor de argamassa, capacidade da central dosadora, especificação dos agregados, aditivos e adições);
- Especificações de elementos estruturais incorporados ao concreto (armaduras, cabos e acessórios de protensão, fibras, barras de ligação e transferência, espaçadores);
- Acabamento superficial (aspectos estéticos, controle de planicidade e nivelamento, especificação de endurecedores de superfície ou aspersão de agregados minerais e metálicos);
- Materiais e procedimentos de cura;
- Especificação das juntas (projeto geométrico, detalhes executivos e especificação de sistemas e materiais para selamento);
- Memorial descritivo contendo todos os procedimentos executivos e cuidados a serem tomados na utilização do piso. Procedimento de manutenção.

Em conformidade com Cristelli (2010), para a obtenção do desempenho previsto no projeto, seria necessário um controle tecnológico dos processos e materiais. Para executarmos um pavimento industrial de boa qualidade, deverá ser apresentado um controle apurado das ações coordenadas e disponibilizar uma mão de obra qualificada para executá-los.

Um ponto importante para execução do pavimento é a elaboração de um plano de concretagem, para ser definido o horário de início, avaliar se há necessidade de bomba para realizar o bombeamento do concreto, fazer a medição para obter o volume total de concreto e assim realizar uma programação (CRISTELLI,2010).

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para ter-se um piso industrial com qualidade é importante uma análise criteriosa do sistema construtivo, de forma a possuir uma execução com excelência, gerando economia e segurança. Para tal, deve ser levado em consideração fatores que podem influenciar na execução do pavimento, como por exemplo, os tipos de cargas que irão atuar, variações climáticas, eficiência das juntas e tipos de solo.

O trabalho de conclusão de curso apresenta os cinco principais tipos de pisos industriais: pisos industriais de concreto simples, pisos industriais de concreto com armadura distribuída, pisos industriais de concreto estruturalmente armado, pisos industriais com reforço de fibras, pisos industriais de concreto protendido, dando ênfase no sistema construtivo dos pavimentos industriais e aos aspectos característicos da sua produção. Como hoje existem várias opções de pisos no mercado de diferentes tecnologias de execução, deve-se analisar uma opção de projeto levando em consideração a qualidade, a durabilidade e o custo de cada um.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9895**. Solo - Índice de Suporte Califórnia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto- Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTA PERFORMANCE. Disponível em: <<http://site.anapre.org.br/>> Acesso em out. 2018.

BALBO, J. T.. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 472 p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2014. 651 p.

PINTO, C. S.. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini,2001. 671 p.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Pisos Industriais de concreto**: aspectos teóricos e construtivos. 1.ed. São Paulo: Reggenza, 2007. 373 p.

CRISTELLI, R.. **Pavimentos industriais de concreto**: análise do sistema construtivo. 2010. 161f. Monografia (Mestrado)- Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

BALIEIRO,L. **Soluções para pisos industriais em concreto armado**. 2015. 60f. Monografia (Mestrado)- Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

CRUZ, D.. **Execução de piso industrial de concreto com utilização de fibra sintética**. 2015. 54f. Monografia (Mestrado)- Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

OLIVEIRA, P.. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto**. 2000, 218f. Monografia (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Paulo- Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

SILVA, J.G.M. **Pavimentos de concreto e a utilização de fibras metálicas na composição dos pisos industriais como alternativa econômica**. 2016. 32f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil)-Faculdade Presidente Antônio Carlos, Ubá, 2016.

RODRIGUES,P;FARIA,B;SILVA,J.. **Pavimentos industriais de concreto armado**, Manual IBTS-Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, São Paulo, 2015.

MANETONI, 2018. Disponível em: < www.manetoni.com.br/produto-barra-de-transferencia.html >. Acesso em: 15 de out. 2018.

CECATTO, 2009. Disponível em:< <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/melhores-praticas-execucao-de-juntas-de-piso-de-concreto-285780-1.aspx> >. Acesso em: 20 de out. 2018.

GEOTECNIA E FUNDAÇÃO,2016. Disponível em:<http://sites.google.com/site/geotecniaefundacao/_/rsrc/1382791489899/terraplenagem/compactacao-de-solos>. Acesso em: 14 de out. 2018.

ECOSUL, 2016, Disponível em:< blog.ecosul.com.br/wp-content/uploads/2013/12/Bloqueio-para-sub-base-Amanda-Montagna-STE-S.A.jpg >. Acesso em: 14 de out. 2018.