

## Pisos industriais: conceitos e execução

Eng. Públio Penna Firme Rodrigues  
LPE Engenharia e Consultoria

### 1. Introdução

Os pavimentos industriais, mais popularmente conhecidos como pisos industriais, cresceram muito em importância a partir da década de 1990, quando passaram a ser considerados de fato como um equipamento da indústria: é o único componente do edifício industrial que interage diretamente com o processo produtivo, permitindo a locomoção de pessoas, equipamentos, agindo em diversos casos como a própria fundação de máquinas e suas características, como resistência, planicidade, integridade superficial, passam a ser percebidas diretamente pela produção e, qualquer reparo necessário acaba interferindo diretamente no processo produtivo.

Neste texto, pretende-se apresentar os principais tópicos envolvidos na execução e controle do pavimento industrial, tendo em mente que este é, na realidade, um sistema e se um dos elementos que o constitui falhar, o todo pode ficar comprometido. Esse sistema é constituído, figura 1, em síntese, pelo terreno de fundação, pela sub-base, placa de concreto, juntas e revestimentos e tratamento superficial e pode, em casos específicos, apresentar outros

elementos, como o isolamento térmico ou camada de ventilação em câmaras frigoríficas.

Não será abordado o processo de dimensionamento, exceto comentários necessários para o entendimento de alguns detalhes executivos e estarão sendo abordados apenas os pavimentos industriais em fundação direta, isto é, naqueles em que o terreno é capaz de absorver os carregamentos submetidos.

Os pisos industriais podem ser de concreto simples, com armadura distribuída – cuja função é controlar as tensões de retração; estruturalmente armados, empregando armadura dupla; os reforçados com fibras; e os protendidos. Cada um deles apresenta pontos negativos e positivos que devem ser ponderados pelo projetista em função da utilização.

### 2. Terreno de fundação

O terreno de fundação é formado pelo subleito a camada superficial do maciço, constituído em sua predominância por solo, material de comportamento complexo, constituído por partículas sólidas, água e ar. Suas propriedades mecânicas irão depender da quantidade de ar e água do conjunto e também das características dos grãos.

De maneira mais simples, para um mesmo tipo de partícula, como por exemplo, silte, quanto menor for o volume de ar, melhor vão ser as propriedades mecânicas do solo, o mesmo ocorrendo com a quantidade de água. Desta simples observação, pode-se prever a importância da compactação do solo; como a água ocupa lugar do ar, quanto menor for a quantidade deste, menos nociva será a ação da água.

Os primeiros estudos científicos da compactação do solo foram desenvolvidos por Proctor, engenheiro ro-

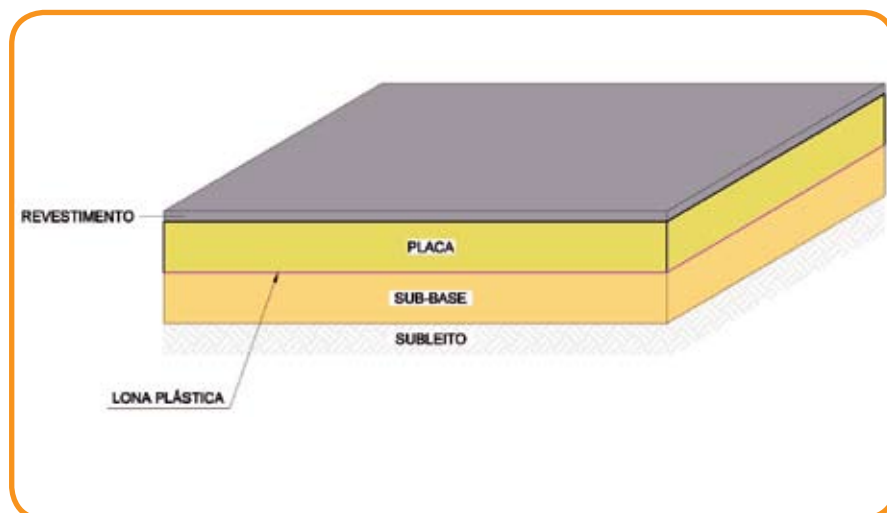


Figura 1: Sistema piso industrial

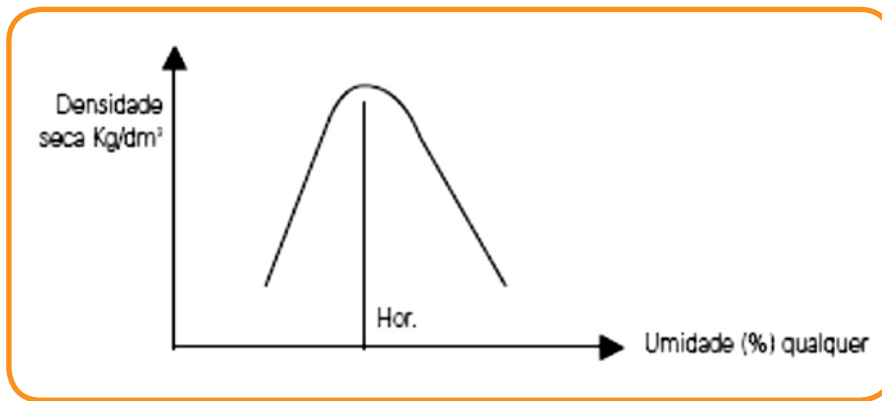


Figura 2: Curva de compactação típica

doviário norte-americano, na primeira metade do século passado, constatando que a densidade seca obtida em um ensaio padrão, variava com o teor de umidade da amostra, atingindo a máxima no que se consagrou como umidade ótima, como pode-se ver na figura 2.

A umidade ótima para um determinado solo varia em função da sua energia empregada na compactação e a sua padronização é feita pela NBR 7182, definindo três níveis: normal, modificada e intermediária. A energia normal, identificada como PN – Proctor Normal, é empregada para solos plásticos, como os siltes e as argilas, enquanto que a modificada é regularmente empregada para solos granulares, como os pedregulhos e britas graduadas. A energia intermediária é reservada para alguns casos especiais, não sendo freqüentemente empregada nos pisos industriais.

Solos grossos com distribuição granular contínua tendem a fornecer valores mais elevados de densidade seca máxima, algo em torno de  $2t/m^3$  (os grãos do solo têm massa específica absoluta próxima a  $2,6t/m^3$ ); à medida que vão se tornando mais finos, a densidade seca máxima vai diminuindo, enquanto a umidade ótima vai aumentando, tornando muitas vezes possível prever o tipo do solo com base na sua curva de compactação.

Na compactação de solos, o controle em campo é feito empregando o Grau de Compactação (GC), que é a relação entre a densidade obtida em campo e a máxima obtida em laboratório, multiplicada por 100. Os solos plásticos devem ser compactados a pelo menos 95% da energia do proctor normal, sendo o valor 98% mais adequado. Deve-se observar que a escala do grau de compactação não é linear, podendo muitas vezes gerar enganos na interpretação; por exemplo, grau de compactação de 85% é praticamente solo solto e quando são atingidos valores ao redor de 90% ou 93%, ainda é considerado mal compactado.

Patologias oriundas de solos com grau de compactação baixo são uma das mais críticas que se pode observar em pavimentos industriais, sendo de difícil correção; geralmente os primeiros danos são percebidos nos cantos das placas e por esse motivo são muitas vezes erroneamente caracterizadas como

problemas de empenamento. A causa do aparecimento nesta região é função da deformação que a placa está sujeita, cerca de sete vezes maior que a que ocorre no centro da placa.

Como o solo está mal compactado, sofre deformação plástica e a placa acaba perdendo apoio até que a soma das deformações plástica e elástica do solo acaba excedendo a admissível do concreto, ocorrendo a ruptura; outra manifestação patológica

da compactação inadequada é a fissura presente em corredores de estanterias, onde o subleito sob carregamento deforma-se, gerando um momento negativo na área descarregada.

Para as areias, não é mais válido o conceito de compactação, mas sim de compacidade e seu adensamento é medido pelo índice de compacidade, sendo o valor de 75% satisfatório para a maioria dos casos; uma particularidade desses materiais, quando puros, é que mesmo depois de adensados, a superfície apresenta-se fofa, em função do natural inchamento da areia e nestes casos, deve-se, antes da execução da sub-base, agulhá-la com material granular bem graduado, como as britas 2 ou 3, empregadas na confecção de concreto.

Outro aspecto importante do preparo do subleito é a capacidade de suporte, representada na maioria das vezes pelo Índice de Suporte Califórnia (CBR) ou Coeficiente de Recalque  $k$ . Pelo menos um desses valores deve estar especificado em projeto e deve-se verificar se o subleito em questão atende a esses parâmetros. O CBR e  $k$  são propriedades correlacionáveis e disponíveis na bibliografia e como o primeiro é de determinação bem mais simples e com custos mais reduzidos, acaba sendo a preferida nas especificações.

As argilas, exceto as excessivamente plásticas, apresentam valores de CBR adequados para os pisos industriais. Os siltes muitas vezes acabam apresentando expansão excessiva como material de subleito (acima de 2%), merecendo nesses casos tratamentos específicos, como o emprego de misturas de material granular – solo-brita – ou tratamentos químicos – com cal, cimento ou outros estabilizantes químicos – para controle da expansão.

Solos granulares, constituídos por areias e pedregulhos de graduação densa, onde os grãos apresentam granulometria contínua e finos suficientes para preenchimento dos vazios, apresentam em sua maioria boa capacidade de suporte; já os de granulometria aberta, com falta de finos, como muitas areias e seixos, costumam apresentar suporte baixo, merecendo maior atenção.

### 3. Sub-base

O emprego da sub-base<sup>1</sup> em pavimentos rígidos iniciou-se como um mecanismo para evitar o processo de bombeamento, causado pela expulsão de finos do subleito saturado pela água, através das juntas, promovendo o descalçamento da placa. Com a disseminação do seu emprego, constatou-se que ela apresentava outras vantagens adicionais, como uniformizar a capacidade de suporte, evitando variações bruscas de deformações e funcionando muito bem como uma camada de rigidez intermediária entre o subleito e a placa de concreto.

Mesmo em ambientes cobertos, imunes a ação da água, observa-se a importância do emprego da sub-base, permitindo um comportamento mais elástico da fundação do piso, sendo comum observar patologias em juntas, causadas pela ausência ou funcionamento inadequado desse elemento.

As sub-bases podem ser de diversos tipos, mas em nosso país basicamente podem ser divididas em dois grandes grupos: as granulares e as tratadas com cimento (ou cal). As primeiras são constituídas por rochas britadas e que atendam a uma determinada faixa granulométrica (DNER ES 303 – 97), devendo apresentar CBR mínimo de 60%; para este tipo de sub-base, a qualidade da rocha é muito importante, pois emprego de materiais inadequados irá causar uma rebitagem nas regiões de maior deformação, que são as juntas, levando ao descalçamento e fissuração.

Outra questão básica para o funcionamento adequado das sub-bases granulares é o grau de compactação, sendo importante que sejam empregados valores próximos a 100% da energia do Proctor Modificado (PM); valores inferiores invariavelmente levam ao assentamento e deformações ao piso que promovem fissuras. O emprego de materiais com granulometria estreita, como as britas normalmente empregadas em concreto, não apresentam condições de funcionar como sub-bases; sub produtos industriais devem ser empregados com reservas, pois com frequência são expansivos.

Quanto às sub-bases cimentícias, normalmente refere-se aos concretos compactados com rolo (CCR) ou às britadas graduadas tratadas com cimento, embora também hajam os solos melhorados com cimento (BGTC), viáveis em regiões de solos arenosos finos. O CCR, que é a sub-base preferida para os pavimentos de concreto simples, são constituídas por concretos de consistência seca, possíveis de serem compactados com rolo, que apresentam resistência à tração na flexão variando de 1 a 1,5 MPa, embora sejam materiais que podem apresentar resistência elevada, podendo atingir valores similares ao do concreto convencional.

Como sub-base, os CCR permitem um aumento elevado do coeficiente de recalque  $k$ , chegando a triplicar o valor originalmente encontrado no solo e apresentam consumos típicos de cimento da ordem de 120 a 150 kg/m<sup>3</sup> e o seu desempenho está mais

ligado ao consumo de aglomerante, sendo menos sensível à granulometria do agregado.

Já as BGTC, são materiais cujo desempenho é mais dependente da granulometria, que é bem próxima da brita gradua simples. O teor de cimento parte de 3% variando até cerca de 6% e embora suas propriedades mecânicas sejam mais modestas do que o CCR, com resistência à compressão aos sete dias variando entre 4 MPa a 8 MPa, acabam por ser mais apropriadas aos pavimentos industriais, onde as espessuras observadas da placa são mais reduzidas do que nos pavimentos convencionais; os incrementos do coeficiente de recalque da ordem de 100% a 150%.

### 4. Concreto

Dos constituintes do pavimento industrial, o concreto é sem dúvida um dos mais sensíveis e que mais sofreu transformações na última década, fundamentalmente pela carência de matérias primas adequadas, notadamente os agregados miúdos. Particularmente nos pisos, o concreto apresenta exigências ímpares, como baixa retração, resistência à abrasão, normalmente não considerados nos concretos estruturais e que fogem aos processos clássicos de dosagem do concreto.

Na especificação desses concretos, é comum observar-se recomendações como consumos máximos e mínimos de cimento, teor de argamassa e limitações severas relativas à exsudação e ar incorporado, além de exigências como faixas de resistência à abrasão, tração na flexão e retração hidráulica máxima.

A resistência à abrasão do concreto, muitas vezes é erroneamente associada ao consumo de cimento, depende basicamente de sua relação a/c e características e distribuição granulométrica dos agregados; obviamente há um consumo mínimo da ordem de 300 kg/m<sup>3</sup> a 320 kg/m<sup>3</sup> para garantir que superficialmente irá ter pasta suficiente para obtenção de uma textura fechada.

Melhoria na resistência à abrasão pode também ser obtida na fase executiva, empregando-se, por exemplo, aspersões de misturas secas de cimento e agregados de alta resistência, minerais (4 a 6 kg/m<sup>2</sup>) ou metálicos (7 a 9 kg/m<sup>2</sup>). Após o concreto endurecido pode ser aplicado endurecedores líquidos, à base de silicatos, que reagem com o hidróxido de cálcio do cimento reduzindo a porosidade e melhorando a resistência superficial.

#### CIMENTO

Estão disponíveis no Brasil, basicamente os cimentos CP – II (E, F ou Z), CP – III, CP – IV e CP – V, que abreviadamente podem ser definidos como cimentos com adições, escória de alto forno, filer calcário ou pozolana, cujo tipo e teor definem a classificação; o CP – V, com a particularidade de apresentar elevada resistência inicial. Com qualquer um deles é possível

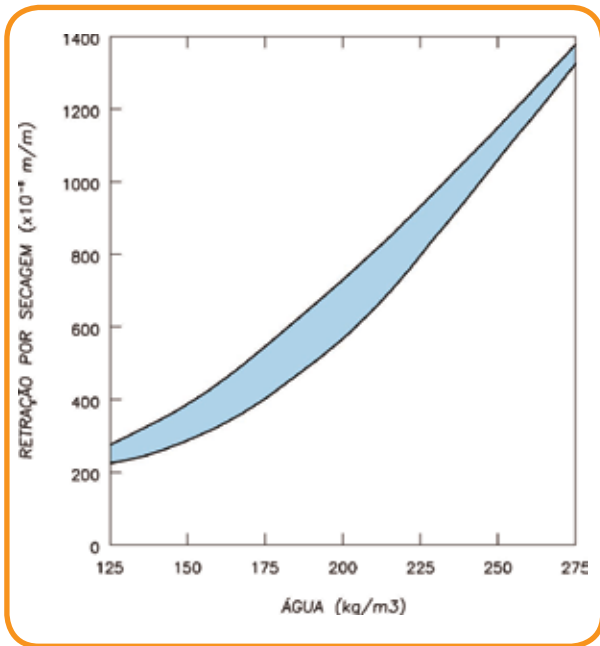


Figura 3: Retração por secagem (PCA)

executar-se pisos de qualidade, desde que as particularidades de cada um deles sejam respeitadas.

Excetuando-se o CP – V, os outros podem ser encontrados em classes de resistência, sendo as usuais 32 e 40 que indicam a resistência mínima do cimento, em MPa, aos 28 dias. Para os de teor de adição mais elevado, são mais adequados os de classe 40, por apresentarem menor tempo de pega. A compreensão dessa necessidade é explicada pela execução do piso, que passa por duas fases, lançamento e acabamento, separadas por um intervalo de tempo, representada pelo período de dormência do concreto.

O período de dormência é o tempo que precede a pega do concreto e nesta fase ele está vulnerável à perda de água por evaporação e à exsudação que redundam em fenômenos de retração e redução da resistência à abrasão. Cimentos de

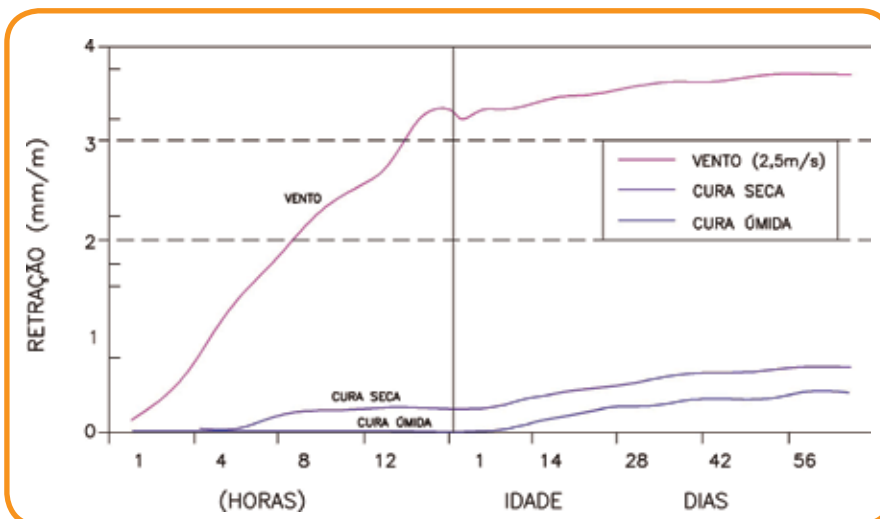


Figura 4: Condições de cura (Holt)

moagem mais fina, como os de classe 40, Apresentam menor tempo de pega, reduzindo o período de exposição prejudicial ao piso.

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

A retração hidráulica está condicionada basicamente ao teor de água da mistura (figura 3), embora outros fatores, como aditivos e certos agregados possam influir diretamente sobre ela. Pode ser dividida em retração inicial, que ocorre nas primeiras idades e final. Embora a seja um fenômeno intrínseco ao concreto, pois sua ocorrência é inevitável, condições inadequadas de cura nas primeiras idades podem aumentá-la significativamente, como mostra a figura 4 onde condições de cura inapropriadas podem aumentar muito a retração inicial do concreto.

A retração autógena está muito ligada à finura do cimento e, principalmente, ao emprego de adições hidráulicas de finura elevada, como a sílica ativa. Particularmente esta adição foi, na segunda metade da década de 1990, bastante empregada, mas como estava sempre associada a pisos com patologias severas, acabou tendo seu emprego limitado. Outro fator que corrobora com este tipo de retração é o emprego de relações água/cimento baixas.

Infelizmente não há uma correlação muito clara entre o tipo do cimento, teor de adição e finura com a retração do concreto, havendo cimentos mais finos que promovem menos retração do que outros, aparentemente menos problemáticos. Este assunto foi alvo de estudos da ASTM (American Standard Tests of Materials) que desenvolvendo um ensaio relativamente simples (ASTM C1581 – 04: Determining Age at

Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage) que se propõe a avaliar a potencialidade de retração do cimento, ligada basicamente aos aspectos químicos.

Corpos de prova em formato de coroa circular são moldados em fôrmas com núcleos rígidos, que são mantidos durante todo o teste, simulando um confinamento à retração, sendo determinado o tempo transcorrido até o aparecimento da primeira fissura e a potencialidade da retração é estabelecida na tabela 1.

Tabela 1 – Potencial de retração segundo ASTM 1581-04

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

Não se tem notícia de ensaios desse tipo executado com cimentos nacionais, mas sem dúvida poderia ser uma ferramenta valiosa o conhecimento dessa tendência, associada com medições em obra para a correta avaliação dos cimentos brasileiros, que apresentam variações expressivas com relação aos norte-americanos.

### AGREGADOS

Mais que nos concretos estruturais, os agregados têm um peso importante na qualidade do concreto para pisos, pois interferem diretamente em algumas propriedades básicas, como a resistência à abrasão e tração na flexão e na retração. Embora ainda não se tenha dado atenção devida aos fenômenos ligados à reação álcali-agregados, casos recentes desta patologia em estruturas convencionais, sugerem que este aspecto deva também ser analisado.

O teor de argamassa seca indicada situa-se entre 49% e 52%, indicando que cerca de 50% da mistura seca é constituída pelo agregado graúdo. Este, exceto com poucas exceções, é constituído por agregados artificiais, oriundo do processo de britagem de rochas.

Como a resistência à tração na flexão, bem como à abrasão dependem bastante da aderência do agregado com a pasta de cimento, torna-se óbvio que a textura superficial do agregado tem importância elevada no desempenho do concreto. Dessa forma o granito, para uma determinada resistência à compressão, apresenta valores à tração na flexão 10% a 20 % maiores do que o basalto, que além de ser muito liso, apresenta a tendência de formar grãos aciculares e disciformes no processo de britagem, prejudiciais a esta propriedade.

No outro extremo encontra-se o calcário, que além de apresentar textura similar ao granito, apresenta compatibilidade química com o cimento, dando como resultado maior adesão com a pasta e formando uma interface resistente. Outra condição que também influi fortemente na tração na flexão é o teor de material pulverulento que o agregado apresenta, e que atua como elemento de separação na interface.

O agregado miúdo, constituído pelas areias, é responsável por grande parcela nas propriedades

do concreto fresco e hoje, em função da limitação na disponibilidade de areias naturais, notadamente as de rio, tem crescido o emprego de areias artificiais, cuja forma e textura dos grãos muitas vezes levam a formação de misturas ásperas, pouco trabalháveis e com exsudação excessiva, redundando em concretos de baixa abrasão retração elevada e delaminações.

Felizmente não são todas as areias artificiais – comumente designadas como pó-de-pedra por apresentarem grande quantidade de micro agregados (partículas inferiores a 0,075mm) – que apresentam comportamento inadequado, como demonstra Quiroga et al, após analisar mais de 20 combinações diferentes de agregados artificiais, observou que muitos deles apresentam características importantes para piso, como baixa retração, melhoria na resistência a abrasão e maior resistência na flexão, aliás, essa característica esteve presente em todos os materiais testados.

Ficou patente que sempre que se emprega agregados com microfinos, há aumento na demanda de água, que deve ser compensada pelo emprego e aditivos superplastificantes. Há ensaios importantes que devem ser empregados na caracterização das areias artificiais, como a massa específica solta e a absorção de azul de metileno, que é um indicador importante do comportamento inadequado do material, quando seu valor é superior a 3.

Quanto à curva granulométrica, as contínuas apresentam comportamento mais apropriado, devendo-se sempre que possível trabalhar com a dimensão máxima característica mais elevada, como a da brita 2, mas lembrando que esse valor não deve ser maior do que um quarto da espessura do piso; dessa forma, o controle da retração acaba sendo mais efetivo, pois o consumo de água é menor. O ramo inferior da curva tem grande impacto na resistência à abrasão, pois na ausência de finos, além do aumento da exsudação, haverá menos partículas duras na superfície para resistir ao desgaste.

### 5. Execução

A execução do piso é uma etapa importante para a sua qualidade e a figura 5 apresenta as etapas do processo, bem como o tempo aproximado transcorrido entre elas para que as fases se processem adequadamente.

- ♦ O lançamento do concreto deve ser feito em velocidade uniforme, de modo que o intervalo de descarga dos caminhões seja constante, sendo três caminhões por hora um número adequado. Quando isto não acontece, a pega do concreto não será uniforme e trará, na fase final do acabamento, problemas executivos que se traduzirão, no mínimo, em manchas. A vibração deve ser feita preferencialmente por meio de réguas vibratórias treliçadas, consorciadas com vibradores de imersão, mas

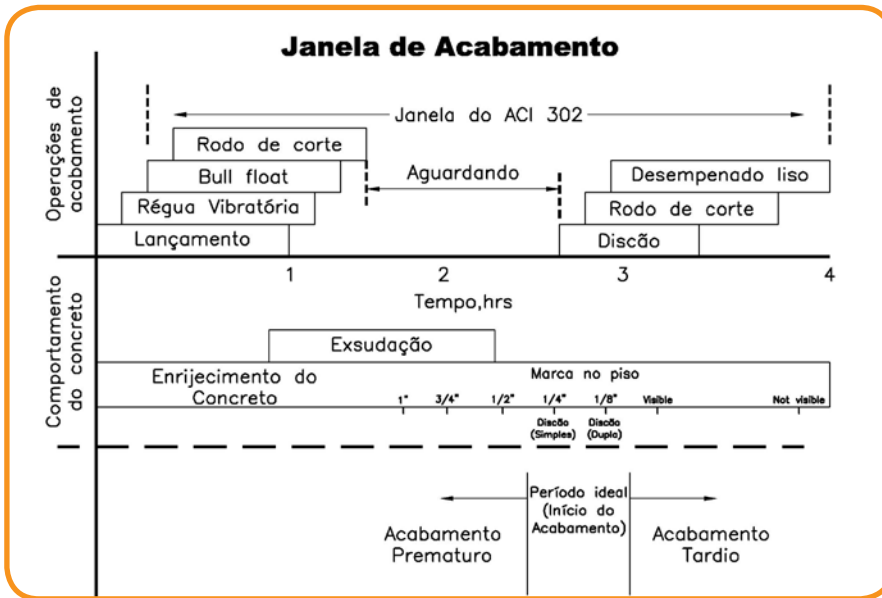


Figura 5: Fases executivas do piso

alternativamente pode-se empregar apenas o vibradores e efetuar a remoção do excesso com régua de alumínio em uma operação mais demorada. Há também equipamentos de grande porte, como a laser screed que executa essas operações com grande agilidade.

- ◆ O float é uma operação executada com uma desempenadeira manual, metálica ou de madeira com cerca de 80cm de comprimento e 20cm de largura, com extremidades arredondadas; sua função é promover um primeiro alisamento superficial, fechando as imperfeições deixadas pela régua vibratória.
- ◆ O rodo de corte, ferramenta constituída por uma régua de alumínio de 3m, montada ortogonalmente a um cabo articulado, que

permite mudar o seu ângulo de ataque na superfície figura 6, permitindo o corte tanto quando é puxado como empurrado; ele irá efetivamente melhorar a planicidade do piso, permitindo a execução de superfícies mais planas.

- ◆ O tempo de espera é função do tempo de pega do concreto e neste período o concreto fica exposto à perda de água e se houver ação de sol ou vento, pode ter conseqüências severas. Nesta etapa devem ser tomadas medidas para controle da perda de água, como emprego de películas cura química formuladas para esta fase, proteção da ação do vento, pois patologias como a delaminação, micro-fissuração, retração excessiva, etc ocorrem nesta etapa.
- ◆ O discão é a operação efetuada por acabadora mecânica, com cerca de 80cm de diâmetro, dupla ou simples, em que é fixado o disco metálico, que irá ao mesmo tempo promover a compactação superficial e trazer mais argamassa, afastando os agregados graúdos da superfície. Ela marca o início efetivo do acabamento e depende da rigidez do concreto, podendo-se tomar como referência a pegada deixada pela bota de uma pessoa sobre o concreto, considerando-se adequado



Figura 6: Rodo de corte

quando a profundidade da pegada varia entre 6 e 3mm; executores experientes podem usar outros critérios também subjetivos para definição do início da operação. Se o discão começar antes do tempo adequado, poderão ocorrer patologias como a delaminação; caso seja retardada, corre-se o risco de não ver atingidos os níveis de planicidade especificados.

- ◆ O desempenho fino pode ser precedido por nova aplicação do rodo de corte, quando se deseja obter pisos

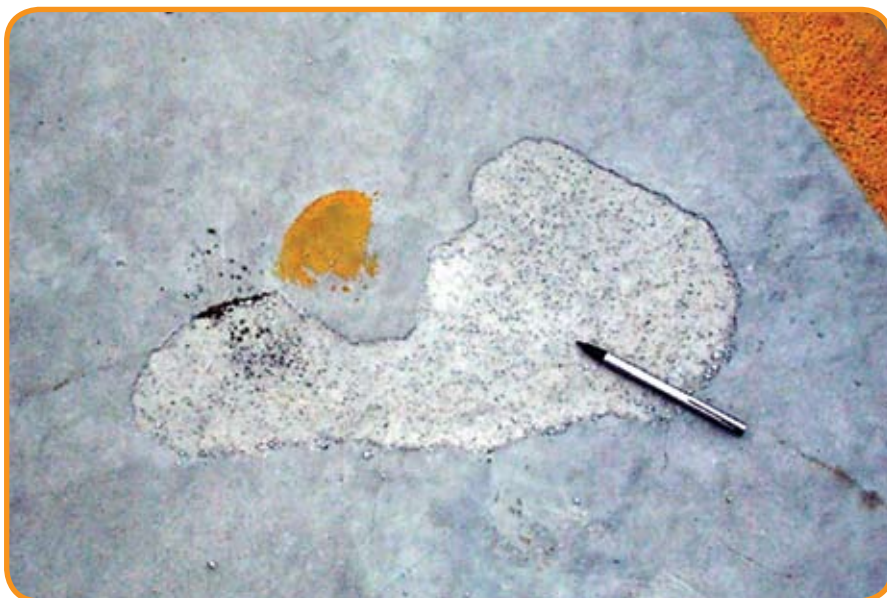


Figura 7: Delaminação

super planos (índice de planicidade  $F_f$  superior a 50). No desempenho fino, o disco é substituído por pás metálicas, cuja inclinação vai aumentando com a intensidade da operação, aumentando a tensão de contato e tornando a superfície mais lisa, trazendo brilho ao concreto.

## 6. Controle da execução da placa de concreto

### CONCRETO

Durante o lançamento, o abatimento do concreto deve ser constante, exigindo-se não apenas o controle em todos os caminhões, mas assegurando

que a mistura esteja homogênea. A exsudação deve ser controlada de modo a trabalhar-se com valores inferiores a 4%, sob pena de redução na resistência à abrasão. O teor de ar da mistura deve ser inferior a 3%, pois valores mais elevados podem promover a delaminação (figura 7)

Além do controle da resistência do concreto, compressão ou tração na flexão, é importante o conhecimento da resistência à abrasão. A norma BS 8204 emprega equipamento que pode ser usado em obra, fato primordial para avaliação dessa propriedade, pois a dureza superficial não é função apenas dos ma-

teriais, mas também do processo executivo e o ensaio apresenta sensibilidade suficiente para avaliar a qualidade dos endurecedores líquidos, o que não é possível pela atual norma brasileira (NBR 12042); a tabela 2 indica as faixas de valores sugeridas para tráfegos e materiais de revestimento.

### JUNTAS

Sob o ponto de vista estrutural as juntas são os elementos mais frágeis do piso e a situação pode tornar-se mais crítica quando não são tomados os devidos cuidados na execução, como emprego de barras de transferência com baixo diâmetro ou o que muito mais crítico, empregar mangueiras plásticas para isolar metade da barra.

Tabela 2 – Valores de abrasão de acordo com a BS 8204

Classe	Condições de Serviço	Aplicação	Profundidade de desgaste (mm)
AR 0.5	Abrasão severa e impactos de rodas de aço e plástico rígido; arraste de equipamentos	Áreas industriais pesadas, depósitos com condições de trabalho muito severas	0,5
AR 1	Abrasão muito elevada, rodas de aço ou plástico rígido e impacto	Pisos industriais com abrasão severo e centros de distribuição de tráfego muito intenso	0,1
AR 2	Abrasão elevada, tráfego de rodas de aço e plástico rígido	Pisos industriais médios, centros de distribuição de alto tráfego	0,2
AR 4	Abrasão moderada e tráfego de equipamentos com pneumáticos	Indústrias leves e pisos comerciais	0,4

Tabela 3 – Valores em função da utilização do piso

Uso Típico	F <sub>F</sub> Global	F <sub>L</sub> Global
Pisos comuns, como sala de máquina, áreas que receberão piso elevados ou revestimento assentados com argamassa ou estacionamento de veículo	20	15
Áreas carpetadas ou pisos comerciais e industriais de baixo tráfego	25	20
Revestimentos tipo RAD ou de baixa espessura e área de depósito com tráfego moderado ou elevado	35	25
Áreas com transportadores sobre colchão de ar, pisos de ginásio	45	35
Equipamentos especiais (empilhadeira tri-laterais), estúdio de filmagem ou TV.	> 50	> 50

Como é sabido, as barras de transferência devem ser metade isoladas, normalmente pintadas e engraxadas, de modo a permitir a movimentação horizontal e restringir a vertical. Recentemente, tivemos a oportunidade de executar ensaios do tipo FWD – falling weight deflectometer – com aplicação de 40 kN de carga, para avaliação de um piso industrial com 12cm de espessura, reforçado com fibras de aço. As deflexões médias no interior das placas foram de 0,3mm e nas juntas protegidas com barras de transferência, 0,5mm.

Para deflexões tão pequenas, até excesso de graxa nas barras irá prejudicar o comportamento estrutural do piso, fazendo com que a junta trabalhe como se as barras não existissem. No mesmo grupo de ensaios, foi verificada uma junta de construção cujas barras de transferência haviam sido retiradas para facilitar a remoção da forma – prática lamentável e freqüentemente empregada por muitos executores – e encontrou-se deformações entre 0,8 a 0,9mm; neste caso, pode-se afirmar que as barras não estão atuando mais como elementos de transferência de carga.

Posteriormente as juntas devem ser tratadas com materiais apropriados. No caso do tráfego de empilhadeiras de rodas rígidas, é necessário preenchê-las com matéria semi-rígida, normalmente o epóxi, com dureza Shore A de 80. Neste caso é necessário que ele se apóie no fundo do reservatório, pois a sua aderência com o concreto é pequena.

#### CONTROLE DA PLANICIDADE

A qualidade superficial do piso é um critério importante para o seu desempenho, garantindo o tráfego suave dos equipamentos e facilitando a instalação de equipamentos e sistemas de armazenagem. Para caracterizá-la são empregados os índices F<sub>F</sub> e F<sub>L</sub> relativos a planicidade e ao nivelamento; este representa a relativa conformidade com o plano horizontal e quanto maior ele for, mais próximo ao plano horizontal será o piso.

O índice de planicidade mede as ondulações superficiais, que podem ser associadas a ondas, com freqüência e amplitude. Quanto mais elevado, mais plana é a superfície. A tabela 3 indica os valores em função da utilização do piso.◆

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NBR-6122 – Projeto e Execução de Fundações
- ACI - American Concrete Institute: Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-04). Detroit, USA, 2004
- Holt, Erika E.: Where Did These Cracks Come From? Concrete International, pages 57 to 60, 2000.
- Quiroga, P. N., et al: Concrete Mixtures with High Microfines. ACI Materials Journal July/August 2006.
- Pinto, Carlos de Sousa: Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos, 2ª Edição, SP, 2002.
- Rodrigues, Públio Penna F.; Botacini, Silvia M; Gasparetto, Wagner E.: Manual Gerdau de Pisos Industriais. São Paulo, editora Pini, 2006.
- Yoder, E. J. e Witczak, M. W. Principles of Pavement Design. 2.ed. John Wiley, New York, 1975.