

PATOLOGIAS EM PISOS INDUSTRIAIS

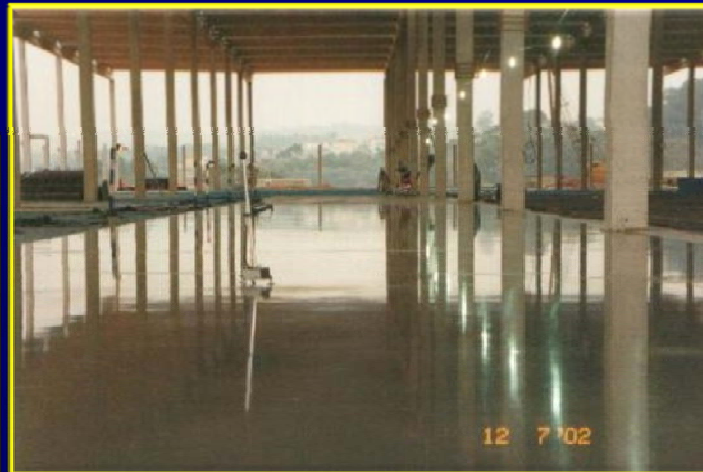
Marcel Aranha Chodounsky
Dezembro / 2010

Importância dos Pisos Industriais

- ✓ Elevado custo de construção
 - ✓ 15 a 35% do valor da obra
- ✓ Elevado custo de manutenção e reparo
 - ✓ Interrupção parcial da atividade (produtiva/logística)
- ✓ Grande evolução tecnológica
 - ✓ Modelagem de cálculo
 - ✓ Fibras estruturais (metálicas e sintéticas)
 - ✓ Pisos no sistema “joint less” (25 m x 25 m, 35 m x 35 m)
 - ✓ Pisos protendidos (25 m x 100 m, 50 m x 80 m)
 - ✓ Novos revestimentos superficiais / Pisos decorativos

Importância dos Pisos Industriais

ASSOCIAÇÃO
NACIONAL
DE PISOS E
REVESTIMENTOS
DE ALTO
DESEMPENHO
ANAPRE



Patologias – Importância do tema



Pisos de concreto —→ sem revestimento

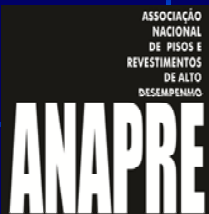


própria superfície do concreto fica
sujeita as solicitações das cargas
(desgaste por abrasão, impacto, etc.)



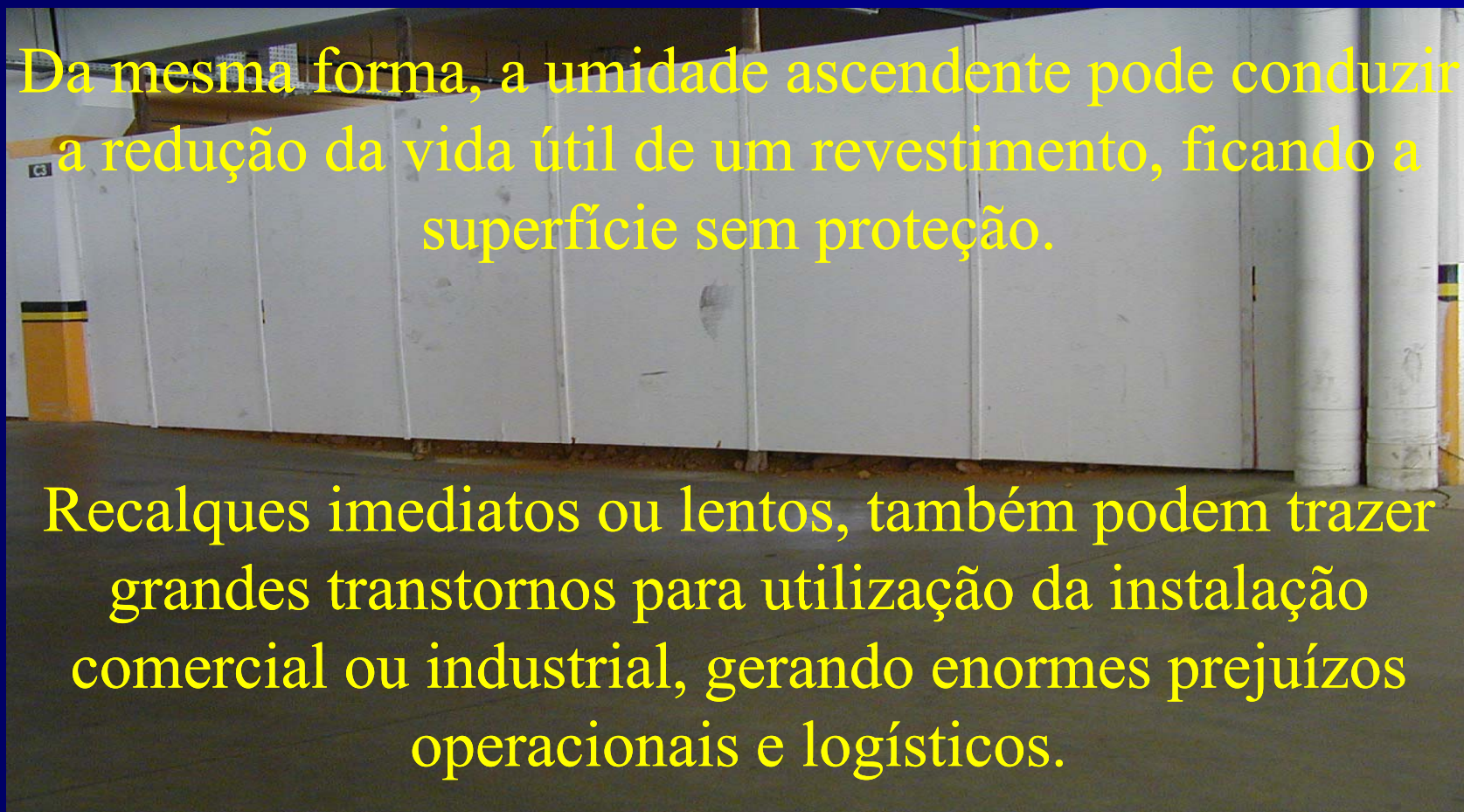
desgaste prematuro, uma fissuração acentuada e o
empenamento das bordas, podem reduzir seriamente
o valor estético e funcional do piso.

Patologias – Importância do tema



Da mesma forma, a umidade ascendente pode conduzir a redução da vida útil de um revestimento, ficando a superfície sem proteção.

Recalques imediatos ou lentos, também podem trazer grandes transtornos para utilização da instalação comercial ou industrial, gerando enormes prejuízos operacionais e logísticos.



Patologias



Principais patologias



- ✓ Fissuração (por retração)
- ✓ Esborcinamento de juntas
- ✓ Desgaste por abrasão
- ✓ Problemas relacionados à umidade ascendente
- ✓ Empenamento das bordas (*curling*)
- ✓ Delaminação (*delamination*)
- ✓ Borrachudo (*crusting*)

Fissuração

– Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Há dois tipos de fissuras em pisos de concreto:

- ✓ fissuras estruturais
- ✓ fissuras de retração



diferem entre si, quanto as suas causas e suas
conseqüências na vida útil da estrutura.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuração por retração

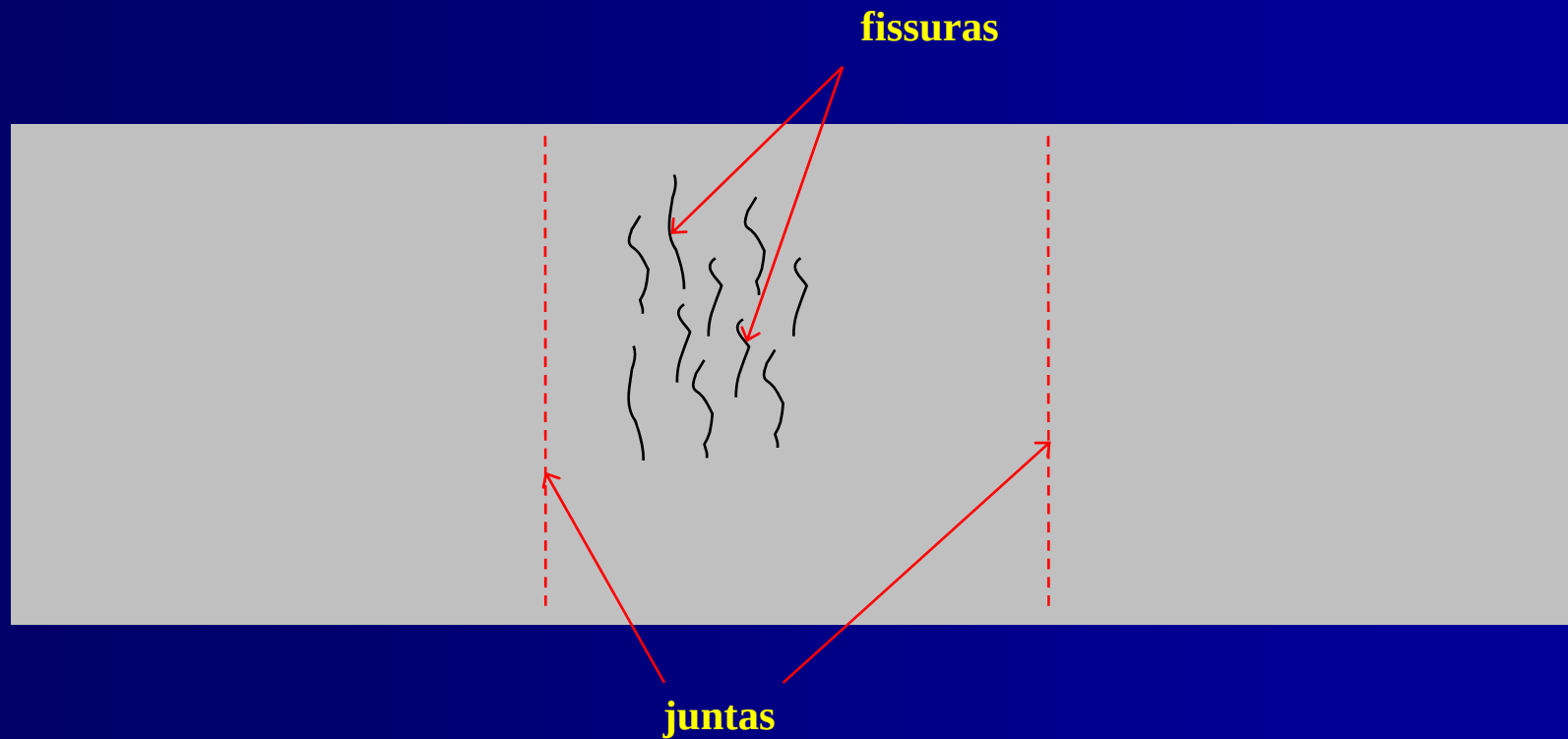
Tipos:

- ✓ Fissuras de retração plástica
- ✓ Fissuras de retração hidráulica
- ✓ Microfissuras tipo “pé-de-galinha”

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuração por retração plástica



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração plástica

Surgem na superfície do concreto ainda fresco

(na fase de enrijecimento, o concreto é bastante susceptível à fissuração devido a sua baixíssima resistência)



rápida perda de umidade induzida por uma combinação de fatores que inclui:



a temperatura do ar e do concreto

umidade relativa do ar

velocidade do vento

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração plástica



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



fissuras

juntas

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



Causas usuais:

- ✓ concretos com características de elevada retração
- ✓ quantidade e posicionamento inadequados das juntas
- ✓ armadura insuficiente ou mal posicionada
- ✓ atraso no corte / protensão

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



Causas usuais:

- ✓ cura deficiente
- ✓ vinculação da placa em elementos rígidos
 - ✓ crítico em pisos protendidos ou pisos tipo “joint less”
- ✓ grande variação da espessura da placa
 - ✓ altera posição das armaduras
 - ✓ seção enfraquecidas fora da posição das juntas
 - ✓ aumento do atrito da placa com a base

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

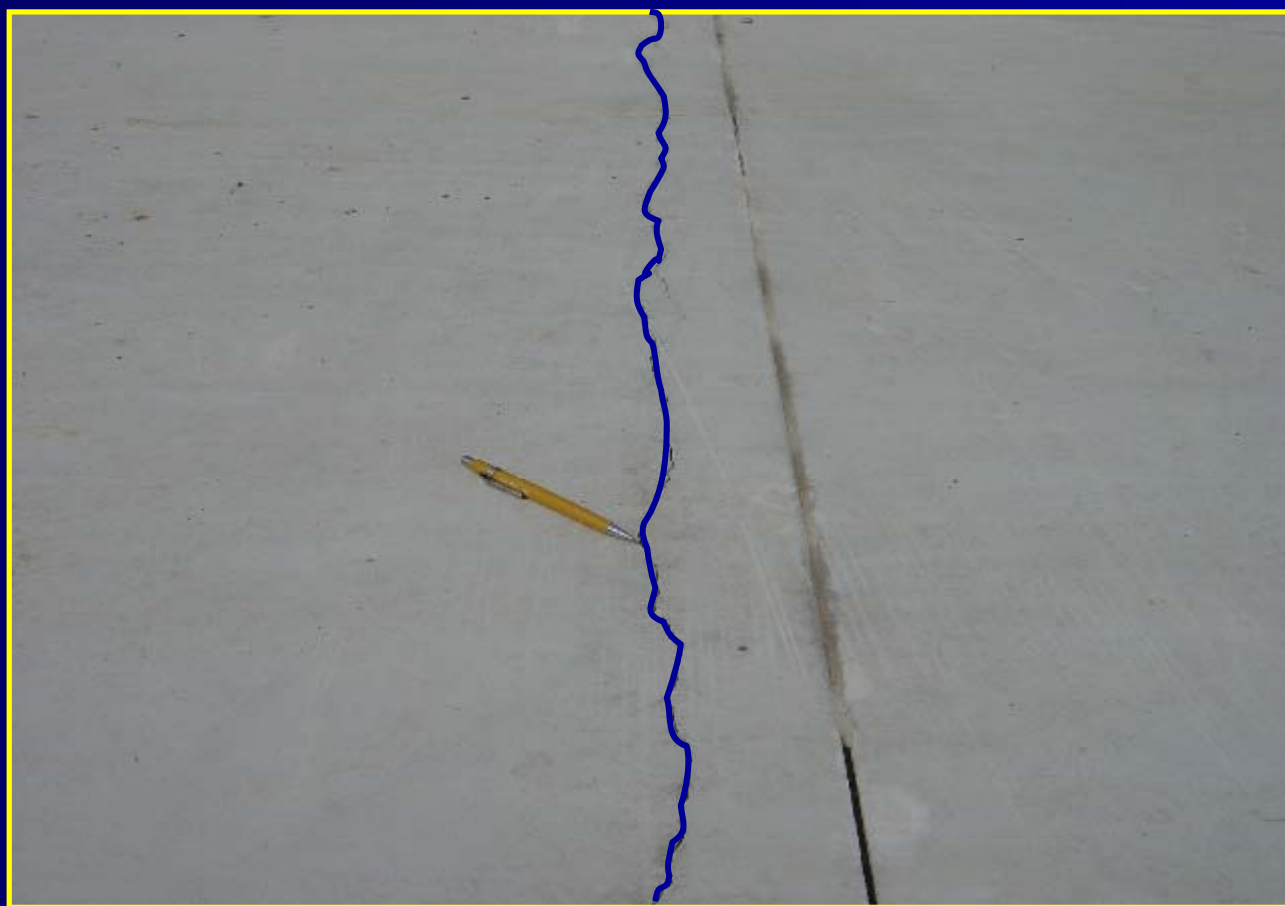
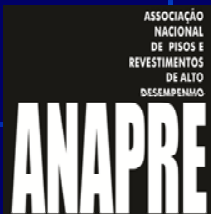
Fissuras de retração por secagem



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem

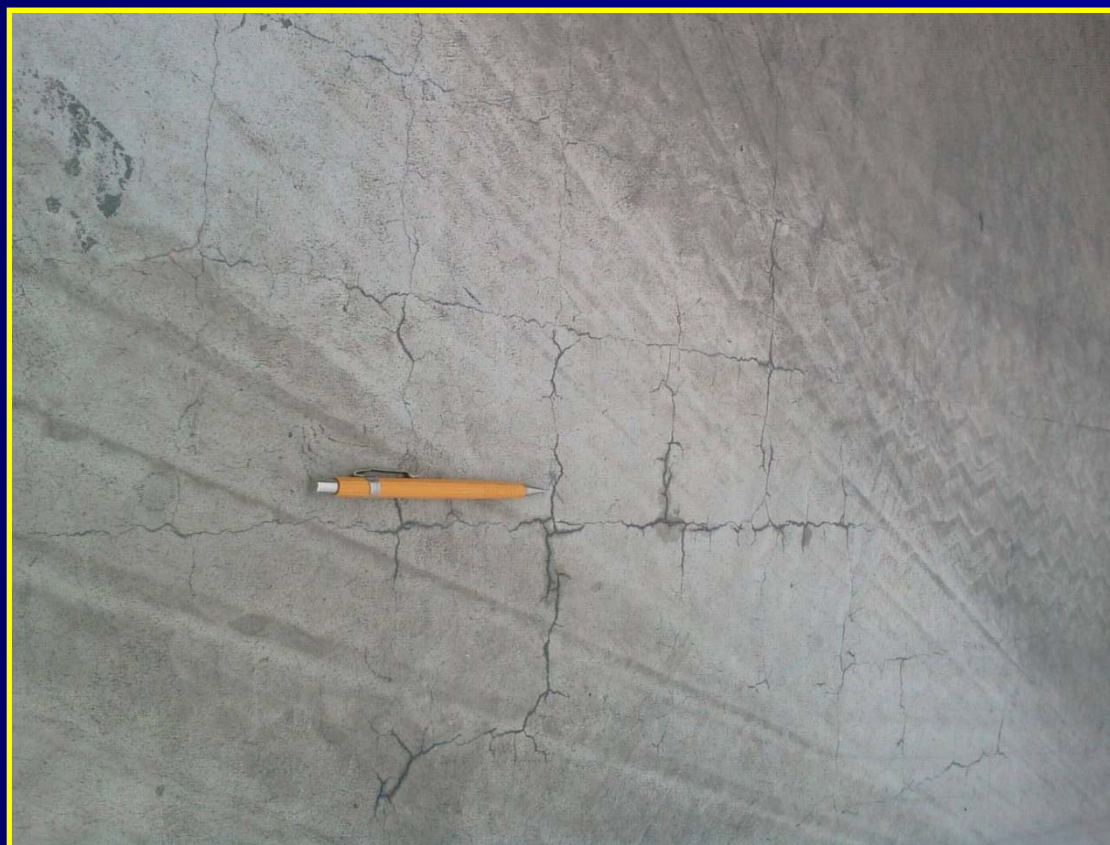
ASSOCIAÇÃO
NACIONAL
DE PISOS E
REVESTIMENTOS
DE ALTO
DESEMPENHO
ANAPDE



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fissuras de retração por secagem



Cura —→ úmida ou química



- não elimina a retração
- apenas retarda sua ocorrência

↪ Apesar da cura não eliminar a retração, ela é fundamental para a redução dos seus efeitos (fissuração).

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Armadura de combate à retração

A armadura de retração, composta por barras ou tela soldada, deve ser posicionada próximo à face superior da placa, a menos de 5 cm da superfície, a fim de permitir adequado controle da fissuração.



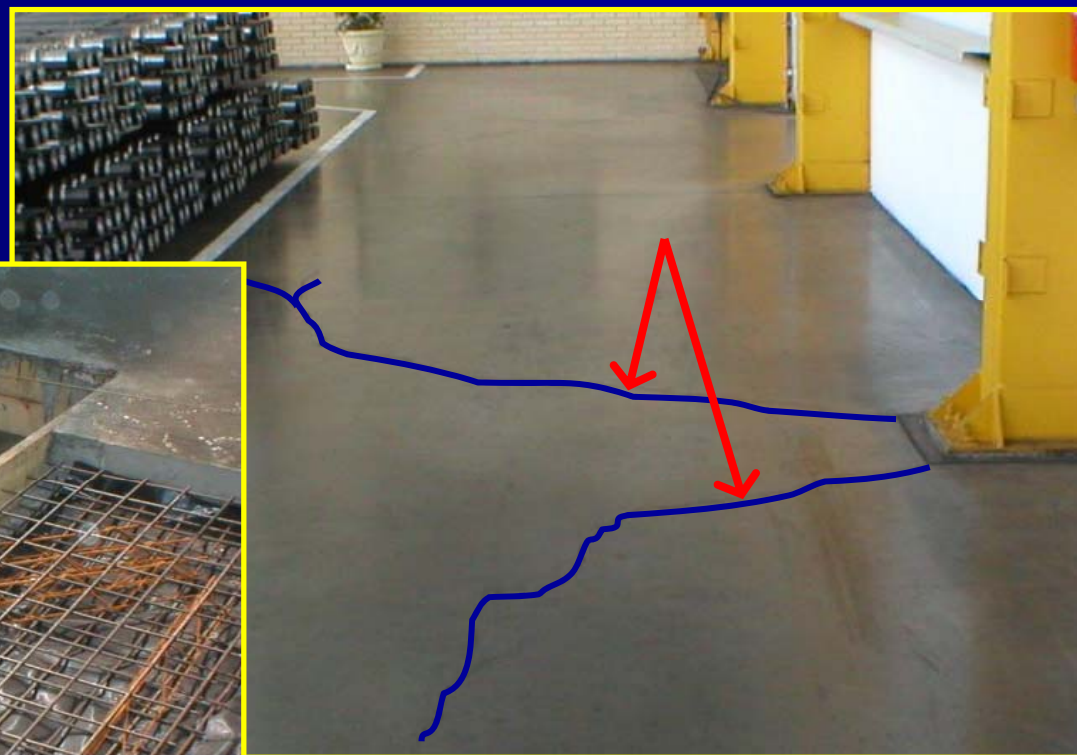
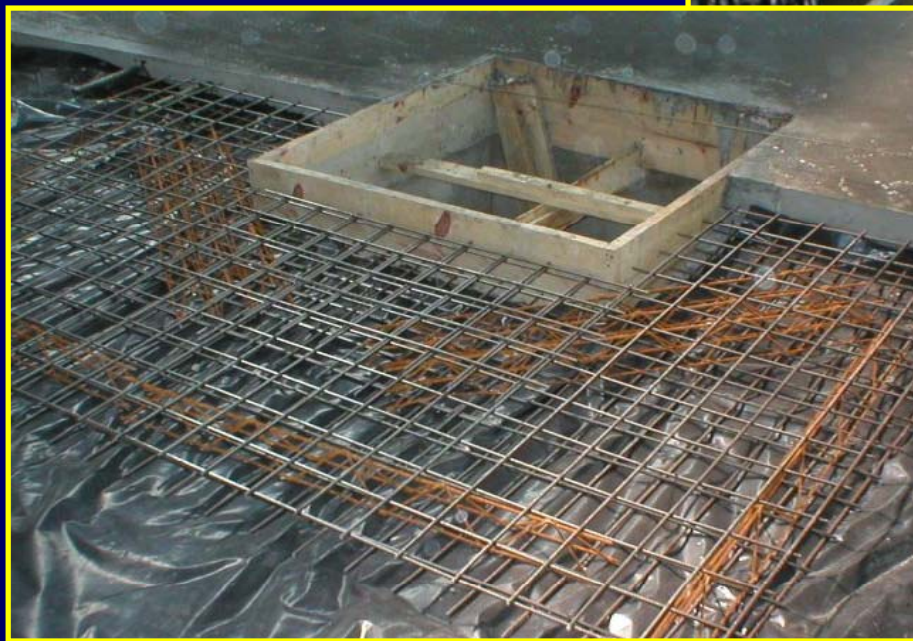
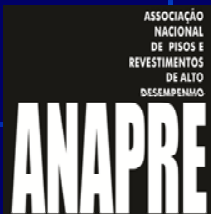
Ytterberg (1987)^[1] sugere uma taxa mínima de armadura de 0,15%, de forma a minimizar bastante o risco de empenamento.

[1] Robert F. Ytterberg: Shrinkage and Curling of Slabs on Grade – Part I of III (Shrinkage problems: causes and cures), Concrete International, April, 1987.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Armadura de reforço



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

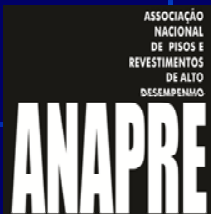
Armadura de reforço



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Correção



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”



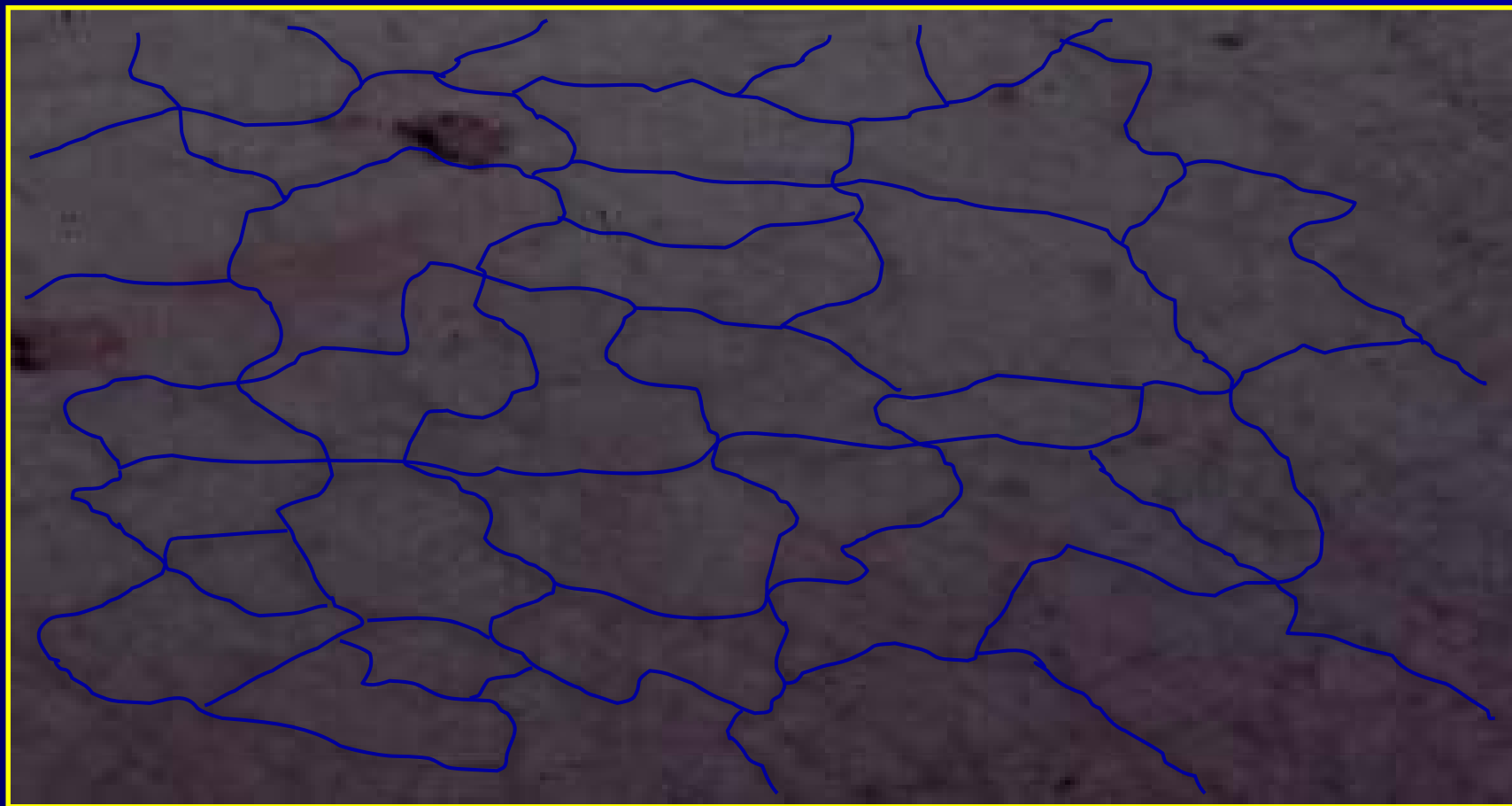
Essas fissuras, conhecidas às vezes como fissuras “pé-de-galinha” (em inglês, chamadas de *crazing cracks*), são caracterizadas por apresentarem:

- ✓ pequena profundidade (fissuras superficiais com profundidade inferior a 3 mm)
- ✓ abertura reduzida (microfissuras)
- ✓ pequeno espaçamento entre si (cerca de 50 mm)

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”



Na maioria das vezes são pouco visíveis, sendo melhor notadas durante a secagem da superfície após sua molhagem.

Tornam-se bastante visíveis com o tempo, em pisos expostos a sujeira excessiva pois há acúmulo de pó nas microfissuras que ficam, então, ressaltadas do restante do piso.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”

Apesar da má aparência e da má impressão que causa ao usuário do piso, esse tipo de fissuração não acarreta em comprometimento estrutural da placa e não necessariamente indica o início de uma deterioração do piso. (ACI 302, 2004)^[1] (PCA, 2001)^[2]

^[1] American Concrete Institute ACI 302.1R-04: Guide for Concrete Floor and Slab Construction – Causes of floor and slab surface imperfections (chapter 11).

^[2] James A. Farny: Concrete floors on ground – Problems, maintenance and repair (chapter 10). PCA Portland Cement Association, Skokie, 2001.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”

O desempenho contínuo, principalmente com acabadoras mecânicas, induz a subida excessiva de material fino (essencialmente cimento) à superfície, o que torna essa região do concreto mais susceptível à retração e à fissuração.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Microfissuras tipo “pé-de-galinha”

Entretanto, sabe-se que outros fatores podem contribuir para a ocorrência das fissuras tipo “pé-de-galinha”:

- ✓ condição de exposição (baixa umidade relativa do ar, elevada temperatura do ar e do concreto, exposição direta ao sol e vento);
- ✓ operações de acabamento (trabalho excessivo de desempeno e aspersão de água no piso durante o acabamento);
- ✓ concretos com elevados teores de finos e agregados com excesso de impurezas (torrões de argila e material pulverulento);
- ✓ cura deficiente (atraso da cura, ciclos de secagem e molhagem e utilização de água com temperatura muito inferior a do concreto).

Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



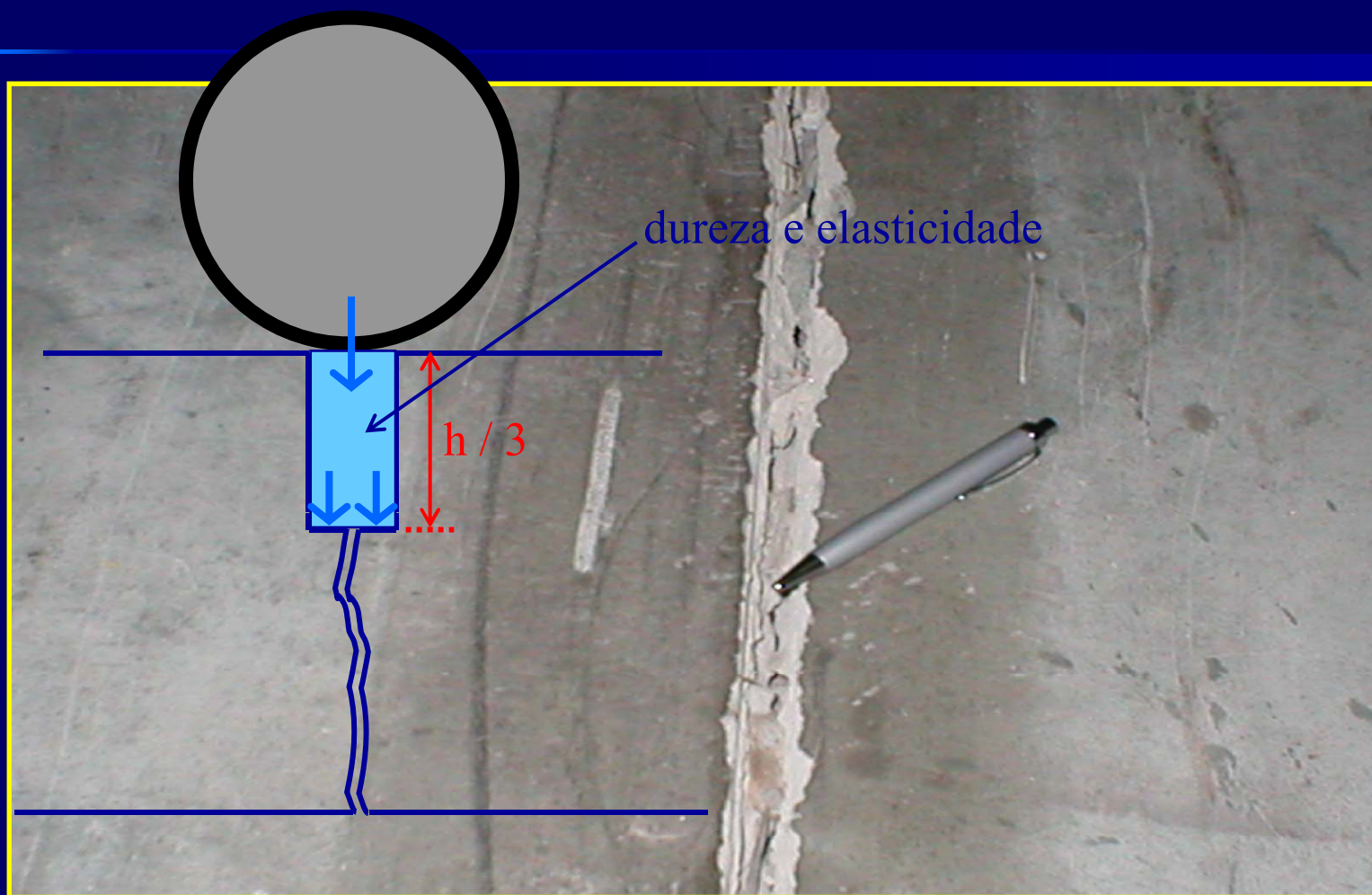
Esborcinamento de Juntas

Quebra das bordas das juntas causada pelo impacto das rodas de veículos ou esmagamento no interior da junta de materiais incompressíveis:

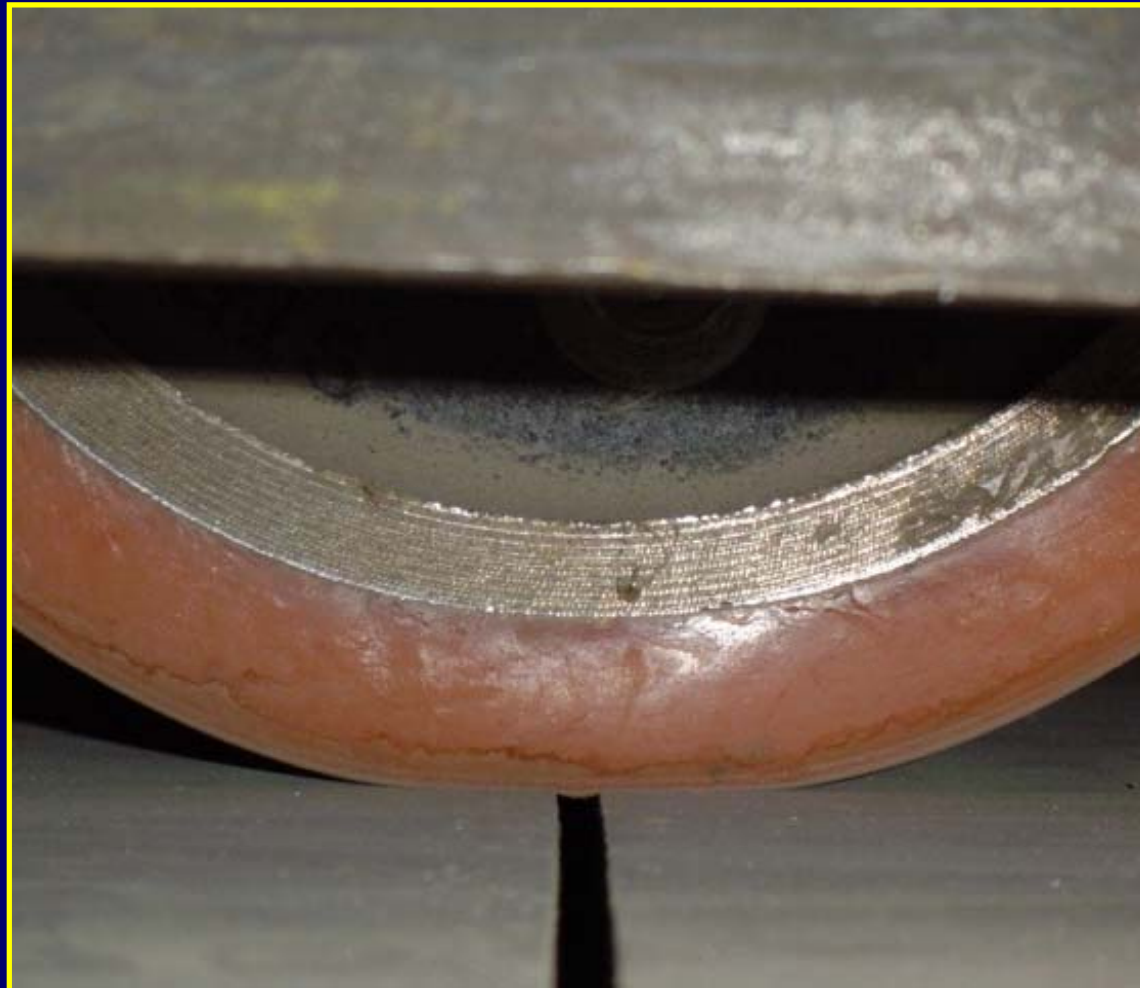


- ✓ ausência ou perda do selante ←
- ✓ tipo de selante inadequado (selamento x proteção)
- ✓ forma incorreta de tratamento
- ✓ movimentação relativa entre as placas

Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – **Esborcimento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

ASSOCIAÇÃO
NACIONAL
DE PISOS E
REVESTIMENTOS
DE ALTO
DESEMPENHO

ANAPDE



Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Prazo para tratamento das juntas

Retração em função do tempo (ACI 209R, 1992)^[1]:

$$\varepsilon(t) = \frac{t}{35 + t} \times \varepsilon_{\infty} \Rightarrow \frac{\varepsilon(t)}{\varepsilon_{\infty}} = \frac{t}{35 + t} \Rightarrow 75\% = \frac{t}{t + 35} \Rightarrow t = 105 \text{ dias}$$

$$\left(w_i + \varepsilon \times L \times R_{(\%) } \right) \times 10\% = \left(1 - R_{(\%) } \right) \times \varepsilon \times L \Rightarrow R_{(\%) } = 0,91 - \frac{0,27}{\varepsilon \times L}$$

$$R_{(\%) } = 0,91 - \frac{0,27}{0,5 \times 15} = 87,4\%$$

$$R_{(\%) } = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_{\infty}} = \frac{t}{35 + t} = 0,874 \Rightarrow t \cong 243 \text{ dias}$$

[1] American Concrete Institute ACI 209R-92: Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures.

Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Prazo para tratamento das juntas



Incompatibilidade → prazo tratamento – obra/operação

- ✓ O trabalho do **CSTR 34 (2003)**^[1] reconhece esta limitação do sistema, indicando a possibilidade de aparecimento de algumas falhas no tratamento das juntas mesmo após 12 meses.
- ✓ **Perenchio (1997)**^[2] também relata não existir uma solução eficiente para o problema.

^[1] Concrete Society Technical Report 34: Concrete industrial ground floors
A guide to their design and construction (Joint sealing). Third edition, 2003.

^[2] William F. Perenchio: The drying shrinkage dilemma,
Concrete Construction Magazine, April, 1997.

Fissuração – **Esborcinamento** – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Prazo para tratamento das juntas



Recomendação:

- ✓ Tratamento provisório com material mais flexível
- ✓ Tratamento definitivo após 01 ano com material de elevada dureza
- ✓ Execução de reforço de borda com argamassa epóxi/uretânica nas áreas críticas

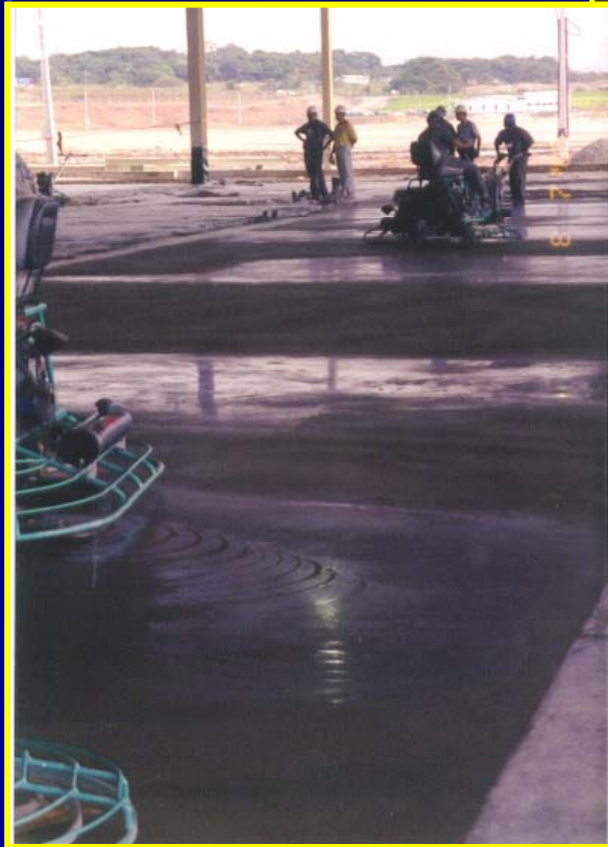
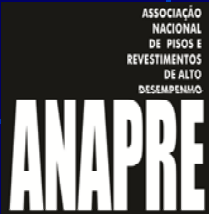
Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão** Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

ASSOCIAÇÃO
NACIONAL
DE PISOS E
REVESTIMENTOS
DE ALTO
DESEMPENHO
ANAPRE



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



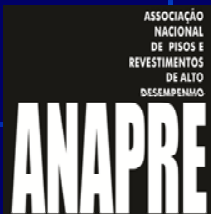
Problemas de resistência à abrasão inadequada:

- ✓ características dos materiais do concreto
- ✓ proporção (traço) entre esses materiais
- ✓ procedimentos executivos
- ✓ cura

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Resistência à abrasão



Chaplin (1987)^[1] analisou a influência destes parâmetros na resistência à abrasão, através da realização de ensaios em amostras extraídas de placas executadas com acabamento mecânico, na tentativa de simular as condições de execução dos pisos de concreto para áreas industriais.

^[1] R. G. Chaplin: The Influence of Cement Replacement Materials, Fine Aggregates and Curing on the Abrasion Resistance of Concrete Floor Slabs. In International Colloquium on Industrial Floors, Technische Akademie Esslingen, January, 1987.

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Conclusões de Chaplin (1987)

- ✓ Concretos curados ao ar apresentaram resistência à abrasão muito inferior em relação às amostras curadas pela saturação com água da superfície;
- ✓ Amostras curadas com a aplicação de agente de cura (cura química) apresentaram intensidade de desgaste semelhante às amostras curadas com água, indicando que a aplicação de produtos de cura (dependendo do tipo e teor) é um meio eficiente de proteger o concreto durante a fase inicial de endurecimento;

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Conclusões de Chaplin (1987)

- ✓ A execução da cura, ainda que tardia, pode minimizar o prejuízo de resistência à abrasão;
- ✓ A resistência ao desgaste aumenta com o aumento da resistência à compressão do concreto (redução da relação água-cimento);
- ✓ A intensidade (número de passagens das acabadoras) e qualidade (passagem em tempo correto, não aspersão de água, etc.) das operações de desempenho mecânico (espelhamento) influenciam fortemente a resistência à abrasão;

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Conclusões de Chaplin (1987)

- ✓ Concretos elaborados com agregados miúdos oriundos da britagem de rocha (agregados artificiais), quando apresentam elevados teores de finos, tendem a aumentar o desgaste do concreto em relação aos agregados naturais. Esta tendência é válida desde que os agregados naturais não apresentem impurezas em excesso (material pulverulento, torrões de argila e matéria orgânica).

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Resistência à abrasão



A resistência à abrasão pode ser reduzida ainda pela exsudação excessiva, que por sua vez pode ocorrer:

- misturas com abatimento muito elevado
- agregados com deficiência de finos ou mal graduados
- traços pobres (baixo consumo de cimento e adições)
- concretos com tempo de início de pega muito longo

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**
Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Exsudação

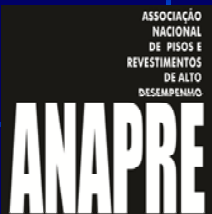
ASSOCIAÇÃO
NACIONAL
DE PISOS E
REVESTIMENTOS
DE ALTO
DESEMPENHO
ANAPRE



Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Sistemas de tratamento superficial



Pisos novos:

- ✓ Endurecedores cimentícios (salgamento ou dry-shake)

- ↳ Agregados Minerais

- ↳ Agregados Metálicos

- ✓ Endurecedores químicos

- ↳ Silicatos / Siliconatos / Fluorsilicatos

- ↳ Epóxi (impregnação)

- ✓ Argamassas (cimentícias/resinadas) de alta resistência

Fissuração – Esborcinamento – **Desgaste por abrasão**

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Recuperação de pisos desgastados



✓ Para pisos que já apresentam desgaste acentuado, o processo de deterioração pode ser minimizado, através do polimento e impregnação da superfície com:

- Densificadores químicos
- Resinas metacrílicas (polimetilmetacrilato)
- Resina epóxi de baixa viscosidade

↪ Esses tratamentos não compensam as perdas de resistência à abrasão, causadas pelo emprego de materiais e procedimentos executivos inadequados.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



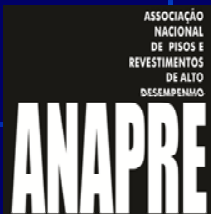
Compatibilidade de revestimentos com umidade:

- ✓ na aplicação
- ✓ após a instalação

Umidade estática $\neq$ Umidade dinâmica

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Fluxo de umidade / vapor



Força motriz para indução do fluxo de umidade:

- ✓ gradiente de umidade e temperatura entre o ambiente e o concreto

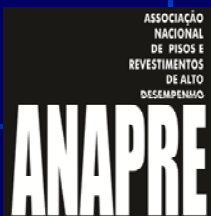
Continuidade do fluxo:

- ✓ fonte de umidade —→ interna ou externa
- ✓ permeabilidade do concreto (relação água-cimento)

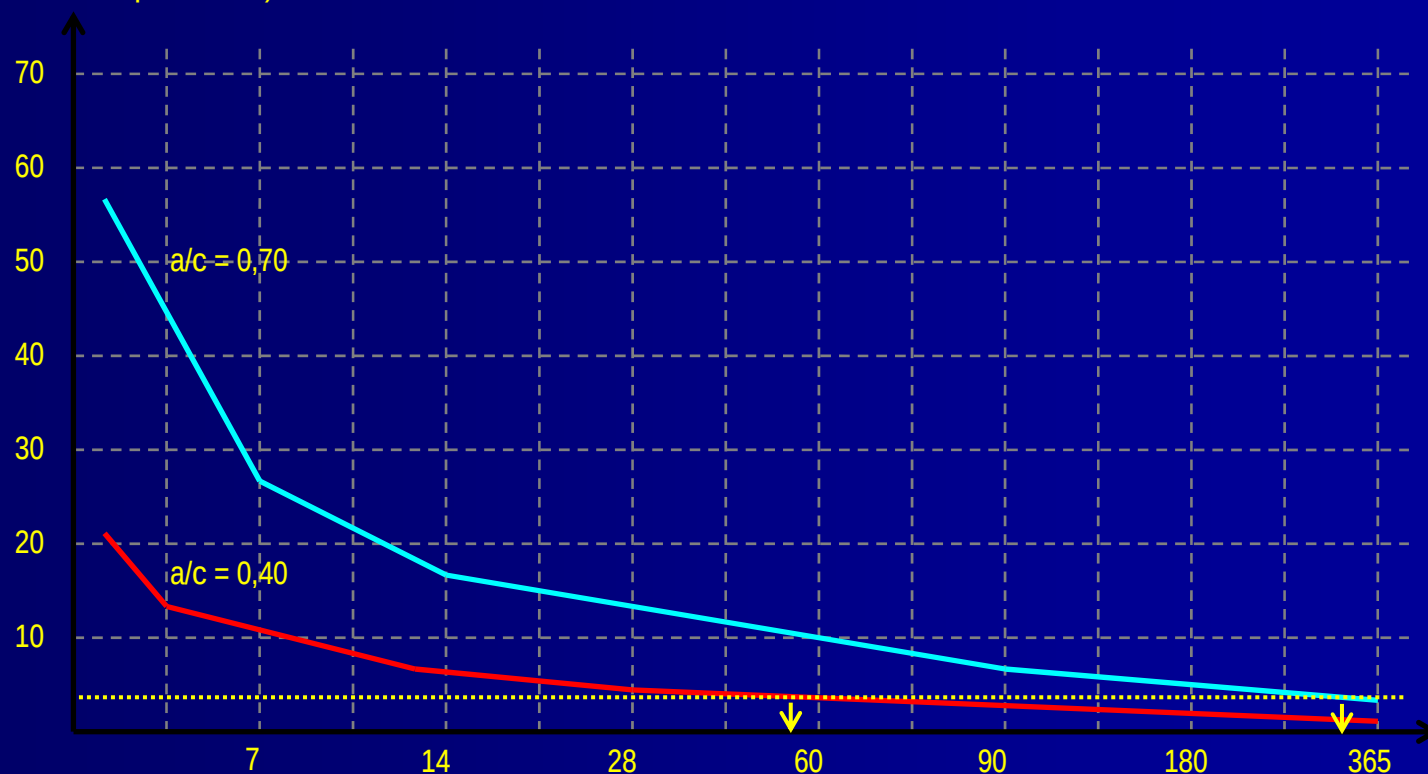
Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Tempo de secagem do concreto



Taxa de emissão de vapor
(lbs / 1.000 sq ft / 24 hrs)



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Minimização / bloqueio do fluxo



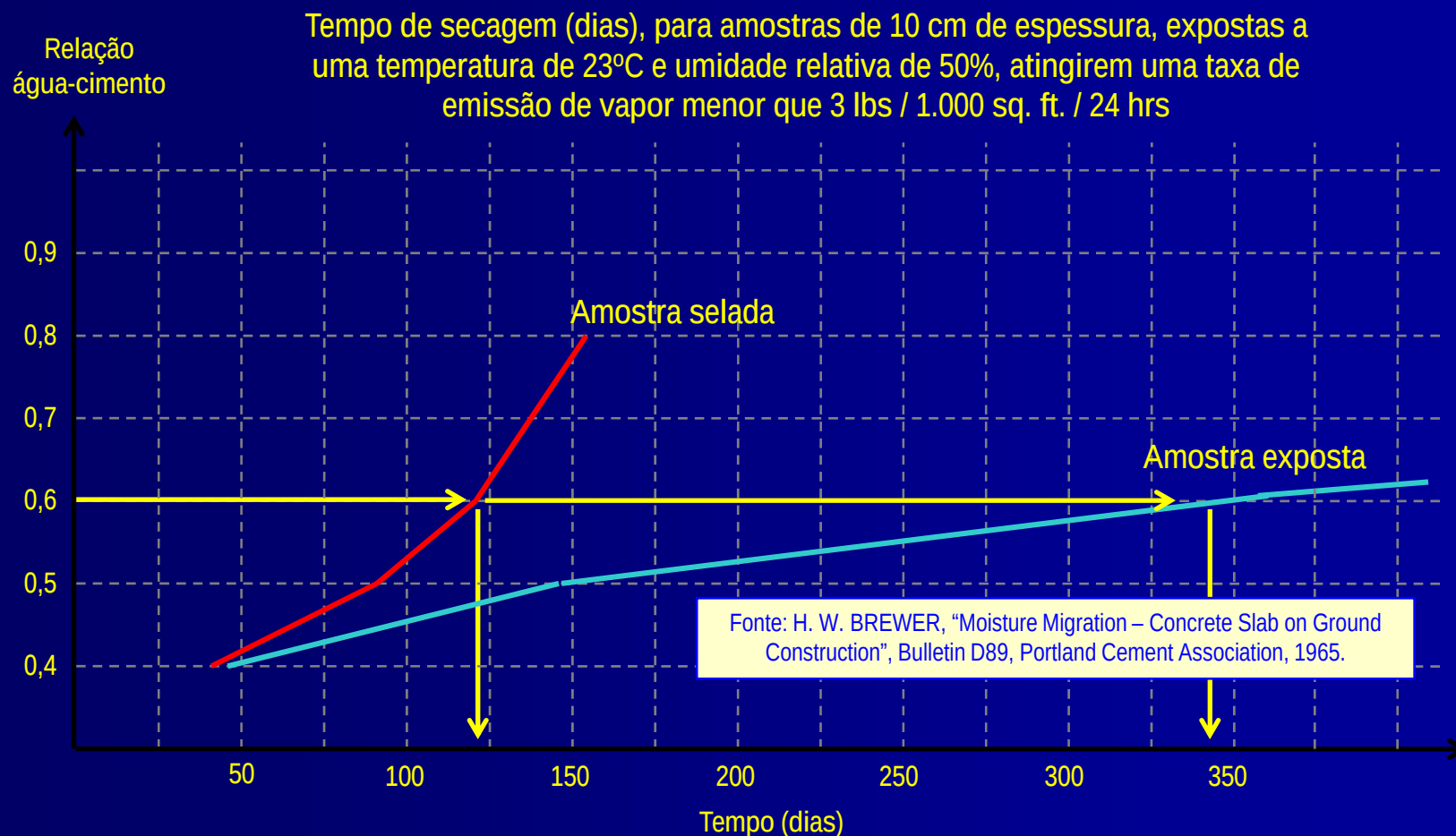
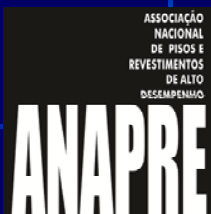
Sistemas que auxiliam para redução ou eliminação do fluxo de umidade ascendente em caso de fonte externa de umidade:

- ✓ barreira ao vapor
 - camada granular
 - lona de polietileno (grande espessura)
- ✓ drenagem

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Tempo de secagem do concreto



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – Borrachudo

Medidas preventivas



O emprego simultâneo de:

- ✓ concreto de alta qualidade e
- ✓ camada(s) de barreira ao vapor

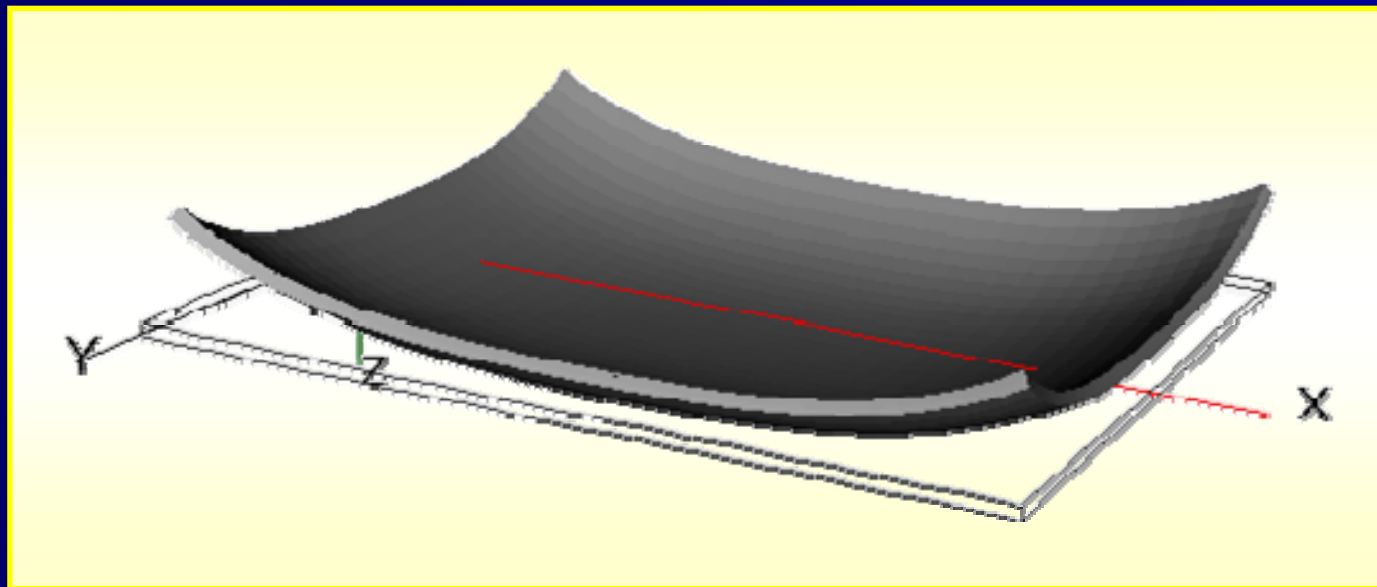
parece ser a medida mais segura e eficaz de controle do fluxo de umidade e redução do tempo de secagem, permitindo que o revestimento possa ser aplicado mais cedo.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo



O empenamento (*curling*) pode ser definido como a distorção das bordas e cantos da placa para cima, gerado por um gradiente de umidade entre as faces, superior e inferior da placa.



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo

Conseqüências do empenamento

O empenamento excessivo pode conduzir para outros problemas (Garber, 1991)^[1]:

- ✓ Perda de aderência de revestimentos;
- ✓ Fissuras estruturais devido à perda de contato da placa com a sub-base;
- ✓ Piora do nivelamento do piso;
- ✓ Mau funcionamento das juntas, pela movimentação relativa entre placas adjacentes.

^[1] George Garber: Design and Construction of Concrete Floor – Curling (chapter 14). Edward Arnold, London, 1991.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo

Conseqüências do empenamento



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo

Conseqüências do empenamento



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo

Fatores envolvidos



Fatores que influenciam na tendência ao empenamento dos pisos de concreto (Suprenant, 2002)^[1]:

- ✓ retração do concreto
- ✓ características geométricas da placa
 - espessura (rigidez/peso), comprimento e largura
- ✓ armadura
 - taxa e posição (antes e durante o lançamento)
- ✓ condições de exposição

[1] Bruce Suprenant: Why Slabs Curl, Concrete International, March, 2002.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – **Empenamento** – Delaminação – Borrachudo

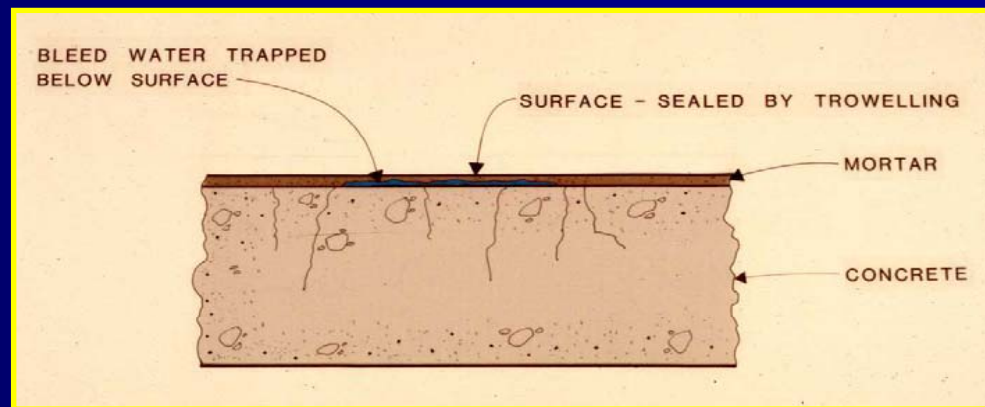


A recuperação do piso empenado pode ser realizada através da:

- ✓ estabilização das placas
 - injeção de calda de cimento e aditivos (sob pressão)
 - furos ao longo da borda empenada
 - polimento (retificação superficial)
- ✓ remoção parcial e reconcretagem das bordas.
 - faixa com largura de 1 a 2 m
 - armadura de retração

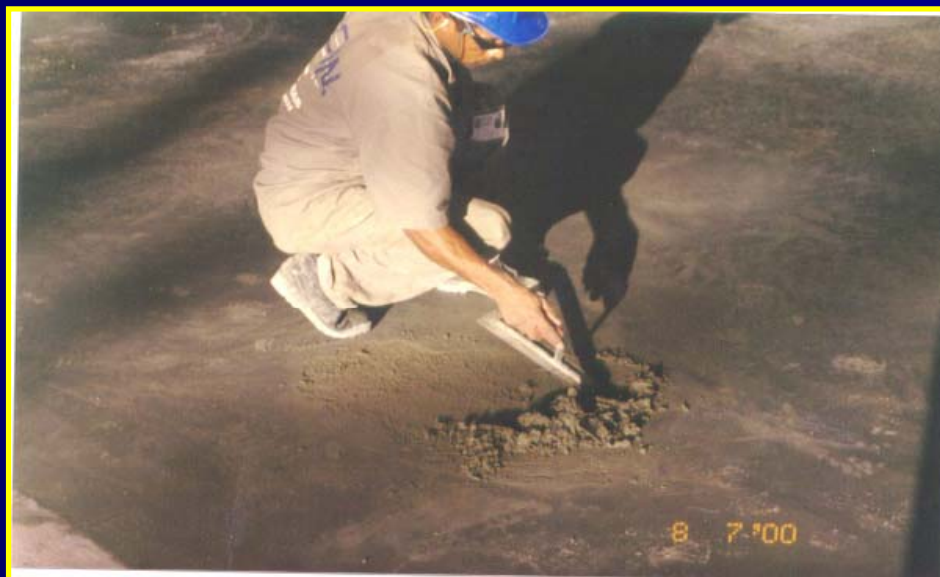
Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – **Delaminação** – Borrachudo

A delaminação caracteriza-se pelo deslocamento da camada superficial do concreto, muito densa e que é separada do restante da massa por uma fina película de água e/ou ar^[1].



^[1] National Ready Mixed Concrete Association: What, why & how? Delamination of troweled concrete surfaces. Technical information Concrete in Practice n°. 20 (CIP 20), 1992.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – **Delaminação** – Borrachudo



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – **Delaminação** – Borrachudo

Importância da patologia



- ✓ visto como uma das mais sérias patologias de pisos de concreto com acabamento mecânico
 - pelo número enorme de ocorrências verificadas em todo o mundo
 - pela difícil tarefa de identificação das suas causas (em geral mais de uma atuando simultaneamente)
- ✓ farta literatura sobre o assunto
- ✓ não há um consenso sobre uma causa principal da delaminação.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão
Umidade ascendente – Empenamento – **Delaminação** – Borrachudo

Importância da patologia



Delamination

It has become apparent during this review that surface delamination is not fully understood. A research project at Kingston University into the subject has been proposed. (Section 5.8)

CSTR 34-2003

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – **Delaminação** – Borrachudo

Ocorrência da delaminação



Relacionada com o fenômeno de endurecimento diferencial entre a base e a superfície do concreto:

✓ **fatores intrínsecos do concreto**

- excesso de finos, de argamassa, atraso de pega, excesso de ar incorporado

✓ **condições climáticas adversas**

- elevada temperatura, baixa umidade relativa do ar, sol e vento excessivos, temperatura baixa da base

✓ **fatores ligados à execução**

- entrada prematura ou tardia das acabadoras, uso de ferramentas e equipamentos não apropriados

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – **Borrachudo**



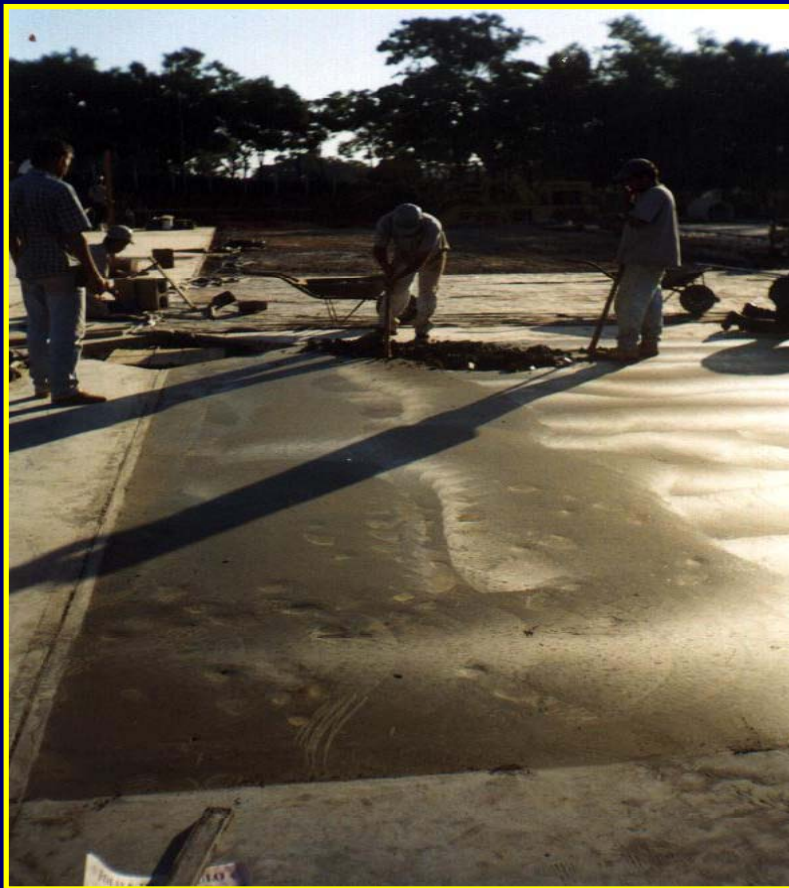
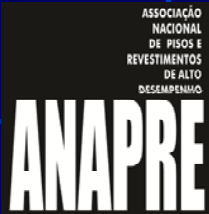
Esta patologia é caracterizada pelo enrijecimento prematuro da camada superficial do concreto (daí o termo em inglês “crusting” que significa “casca”):

- ✓ camadas inferiores sem a mesma rigidez ou resistência
- ✓ grandes deformações da “casca” superficial com a entrada das acabadoras mecânicas
- ✓ fissuras generalizadas

Este fenômeno conhecido como “borrachudo” descreve o comportamento elástico do concreto, semelhante ao que ocorre na compactação de solos com excesso de umidade.

Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – **Borrachudo**



Fissuração – Esborcinamento – Desgaste por abrasão

Umidade ascendente – Empenamento – Delaminação – **Borrachudo**

Ocorrência do borrachudo



Borrachudo $\longleftrightarrow$ Delaminação

Concretos com baixa taxa de exsudação tendem a favorecer o aparecimento desta patologia

(Suprenant, 1997,a)^[1]

A exsudação do concreto é reduzida com incorporação de ar, elevado teor de finos, uso de sílica ativa (metacaulim) e com a utilização de concretos com consistência mais seca (às vezes associado ao emprego de aditivos superplastificantes).

^[1] Bruce A. Suprenant: Troubleshooting crusted concrete.
Concrete Construction Magazine, April, 1997(a).

Comentários finais



A qualidade do piso depende:

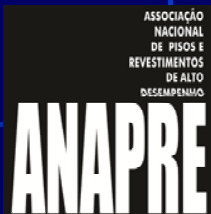
- ✓ Projeto específico de empresa especializada
- ✓ Critério / Controle na preparação do solo e da base
- ✓ Materiais adequados
- ✓ Procedimentos executivos apropriados
- ✓ Uso correto do piso

Abrangência do projeto do piso



- ✓ **Análise do solo**
 - ✓ Ensaios de caracterização e controle tecnológico
- ✓ **Levantamento das cargas**
 - ✓ Distribuída, Empilhadeiras, Racks, Porta-pallets, Equipamentos
 - ✓ Cargas eventuais (fase de montagem / manutenção)
- ✓ **Análise das condições de utilização**
 - ✓ Layout de utilização, interferências, etc.
- ✓ **Análise dos requisitos de desempenho**
 - ✓ Planicidade/nivelamento, resistência (mecânica e química) superficial

Pré-requisito de um bom projeto



Visão global

+

Capacitação técnica

+

Imparcialidade

Obrigado!



Marcel Aranha Chodounsky
Diretor Técnico

ANAPRE

**Associação Nacional de Pisos e
Revestimentos de Alto Desempenho**

Telefone: (11) 3231-0067

Celular: (19) 9112-7619

diretortecnico@anapre.org.br

www.anapre.org.br