

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAREDES DE CONCRETO CELULAR. SEGURANÇA, CONFORTO E DURABILIDADE



Paulo Helene

*Diretor da PhD Engenharia
Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
Conselheiro do Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON
Member of fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Presidente de la Asociación Latinoamericana de Control de
Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción ALCONPAT*

Início da Década de 80 Rio Grande do Sul Consultoria IPT Paulo Helene

Conjunto Habitacional em Pelotas / RS
916 casas térreas
11 casas por dia
fôrmas de alumínio “Precise”
Concreto Auto-Adensável
cimento + fly-ash + areia fina + areia
média grossa + aditivos + brita zero
C de 170kg/m³ a 200kg/m³
a/c de 1,1 a 1,3
 $f_{ck} = 2,5\text{MPa}$ a 28dias (5 a 6)

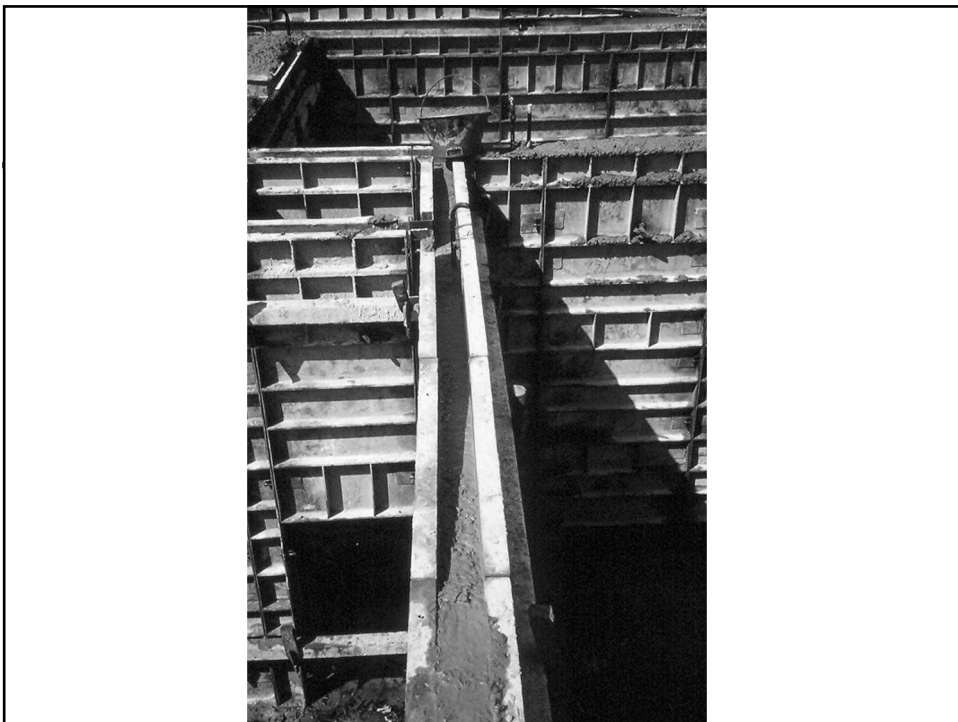
3



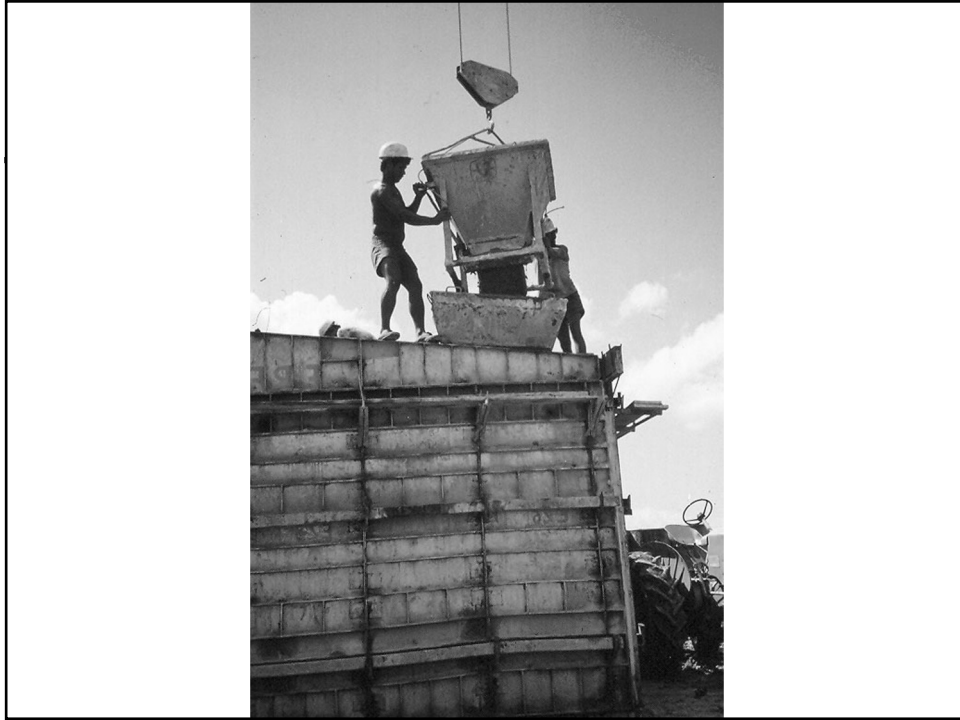
4



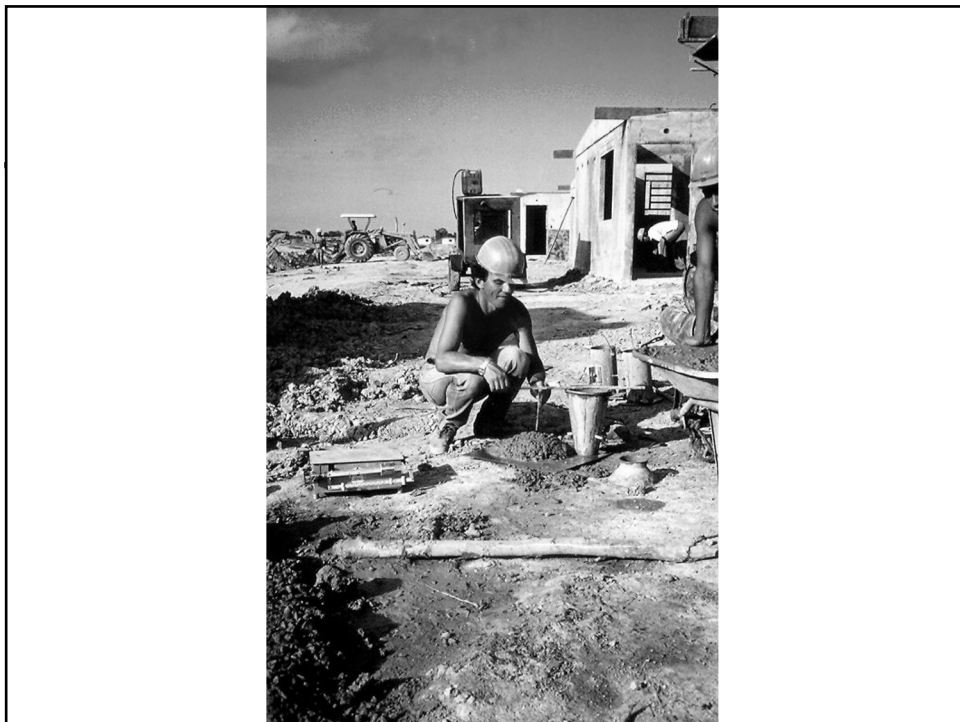
5



6



7



8



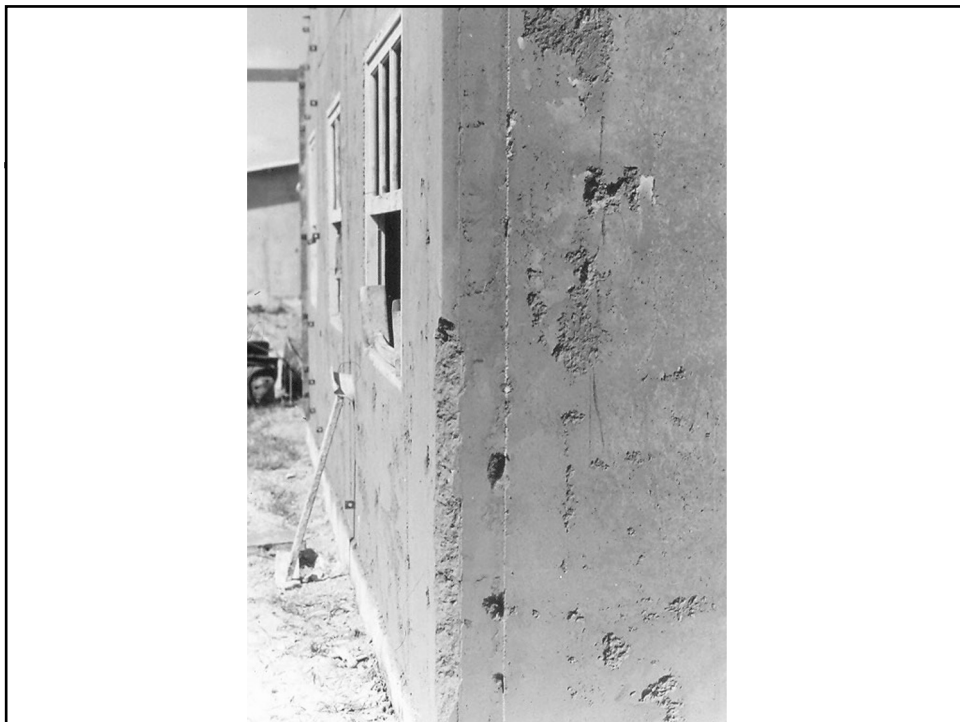
9



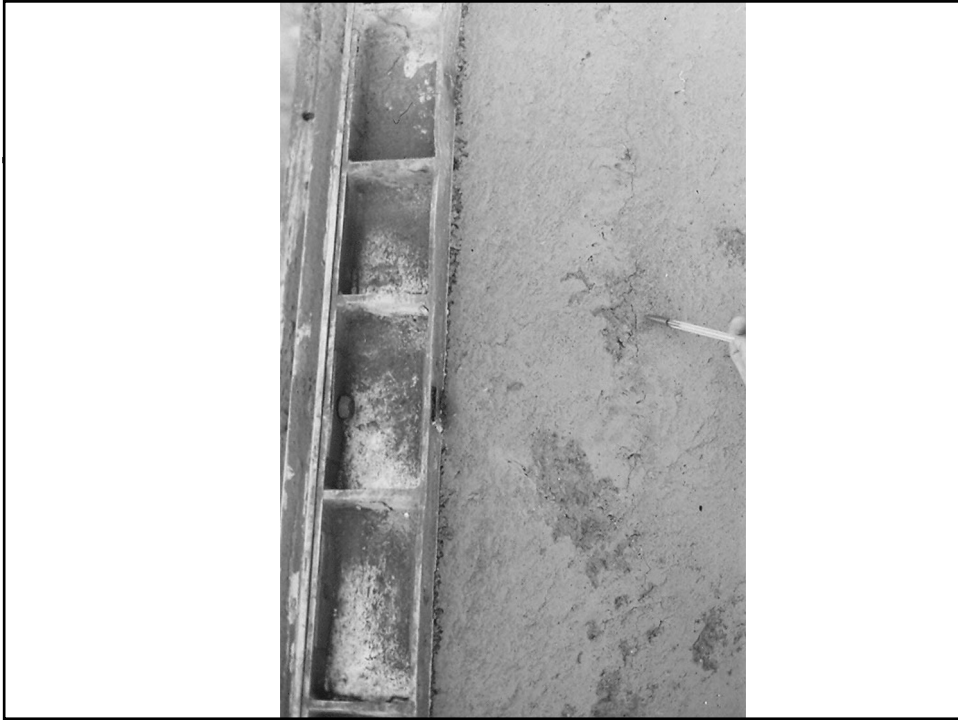
10



11



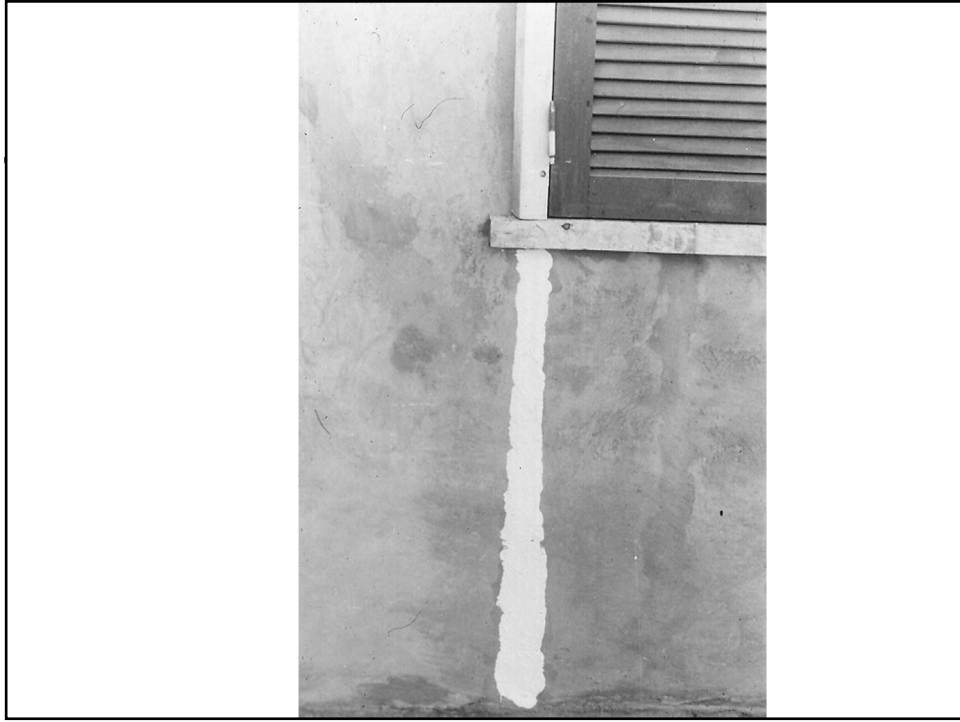
12



13



14



15



16



17

Dosagem Experimental IPT n° 19.912 (27/12/1978). Tab. 3

Características dos concretos mais promissores

| Nº de Ordem | Característica avaliada | Composição | | | |
|-------------|---|---|--------------------|------------------------|--------------|
| | | Nº 1 "areia" | Nº 2 "pozolana" | Nº 3 "incorporador" | |
| 1 | Traço em massa seca | $\frac{\text{cimento}}{\text{agregados}}$ | 1:9,5 | 1:10,0 | 1:10,0 |
| 2 | Traço em massa seca, discriminado | $\frac{\text{cimento: areia: p/britada}}{\text{p/britada}}$ | 1:5,09:4,41 | 1:5,00:4,82 | 1:5,16:4,84 |
| 3 | Teor de pozolana | $\frac{\text{pozolana}}{\text{cimento}}$ | - | 18% | - |
| 4 | Teor em massa de aditivo incorporador de ar | aditivo/cimento | - | - | 0,06% |
| 5 | Relação água/cimento em massa | kg/kg | 1,39 | 1,31 | 1,28 |
| 6 | Teor de argamassa seca, em massa | $\frac{\text{cimento + areia}}{\text{cim.+ar.+p.brit.}}$ | 0,58 | 0,55 | 0,56 |
| 7 | Consistência do concreto fresco | NBR-7223 | (210 ± 20)mm | (210 ± 20)mm | (210 ± 20)mm |
| 8 | Consumo de cimento por m ³ de concreto | kg/m ³ | 182 | 179 | 167 |
| 9 | Massa específica do concreto fresco e adensado | kg/m ³ | 2171 | 2209 | 2046 |
| 10 | Teor de ar no concreto em volume | ASTM C-231 | 1,6% | 1,8% | 4,4% |

18

Dosagem Experimental IPT nº 19.912 (27/12/1978)

| Nº de prova | Propriedade | Idade dos corpos de prova | Composição do Concreto | | | | | |
|-------------|--|---|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Nº 1 "areia" | | Nº 2 "pozolana" | | Nº 3 "incorporador" | |
| 1 | Resistência à compressão axial em MPa (NBR-5739) | 17h | 0,4 ¹ | 1,9 ² | 0,6 ¹ | 1,5 ² | 0,3 ¹ | 1,1 ² |
| 2 | | 3d | 2,8 ¹ | 2,7 ² | 3,3 ¹ | 3,6 ² | 2,2 ¹ | 2,0 ² |
| 3 | | 14d | 4,1 ¹ | 3,8 ² | 5,5 ¹ | 5,0 ² | 3,2 ¹ | 3,2 ² |
| 4 | | 28d | 5,4 ¹ | 5,0 ² | 5,8 ¹ | 5,4 ² | 4,1 ¹ | 3,8 ² |
| 5 | Módulo de deformação longitudinal, em MPa (CE 18:04.02) | 28d | 10600 ¹ | 9700 ² | 14700 ¹ | 12700 ² | 9600 ¹ | 8600 ² |
| 6 | Profundidade carbonatada, avaliada através de indicador químico à base de fenolftaleína (mm) | 14d | 5 ³ | 2 ⁴ | 3 ³ | 2 ⁴ | 4 ³ | 8 ⁴ |
| | | 28d | 8 ³ | 11 ⁴ | 5 ³ | 8 ⁴ | 7 ³ | 12 ⁴ |
| 7 | Retração por secagem, em % (ASTM C 157) | 3d | Dimensão inicial do corpo de prova adotada como referência | | | | | |
| 8 | | 6d | nihil ⁴ | nihil ⁵ | nihil ⁴ | nihil ⁵ | -0,005 ⁴ | -0,008 ⁵ |
| 9 | | 7d | -0,006 ⁴ | -0,008 ⁵ | -0,016 ⁴ | -0,017 ⁵ | -0,014 ⁴ | -0,019 ⁵ |
| 10 | | 14d | -0,020 ⁴ | -0,027 ⁵ | -0,025 ⁴ | -0,031 ⁵ | -0,016 ⁴ | -0,022 ⁵ |
| 11 | | 21d | -0,023 ⁴ | -0,030 ⁵ | -0,032 ⁴ | -0,035 ⁵ | -0,019 ⁴ | -0,026 ⁵ |
| 12 | | 28d | -0,025 ⁴ | -0,033 ⁵ | -0,023 ⁴ | -0,029 ⁵ | -0,010 ⁴ | -0,019 ⁵ |
| 13 | | Perda de massa dos corpos de prova (água evaporada) por secagem, em % | 3d | Massa inicial do corpo de prova adotada como referência | | | | |
| 14 | 6d | | -5,5 ⁴ | -5,5 ⁵ | nihil ⁴ | nihil ⁵ | -6,0 ⁴ | -5,2 ⁵ |
| 15 | 7d | | -5,8 ⁴ | -5,9 ⁵ | -6,8 ⁴ | -7,2 ⁵ | -6,4 ⁴ | -5,5 ⁵ |
| 16 | 14d | | -6,6 ⁴ | -6,7 ⁵ | -7,7 ⁴ | -8,2 ⁵ | -7,1 ⁴ | -6,1 ⁵ |
| 17 | 21d | | -6,8 ⁴ | -6,8 ⁵ | -7,8 ⁴ | -8,2 ⁵ | -7,1 ⁴ | -6,2 ⁵ |
| 18 | 28d | | -6,8 ⁴ | -6,9 ⁵ | -7,7 ⁴ | -8,2 ⁵ | -7,1 ⁴ | -6,2 ⁵ |

1. 23°C(CH); 2. 40°C até 17h; 3. CH3dias Lab.; 4. CH 3dias CS; 5. 40°C 17h CS

19

Dosagem Experimental IPT nº 19.912 (27/12/1978)

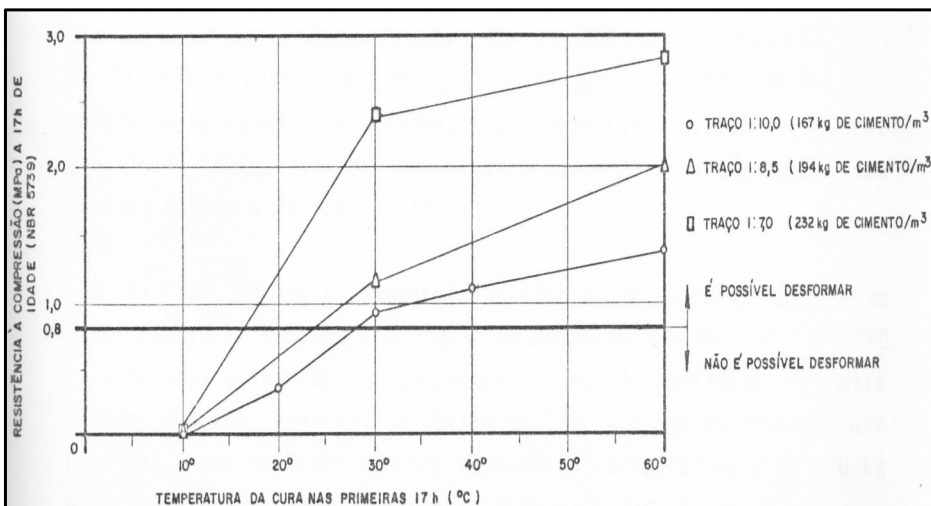
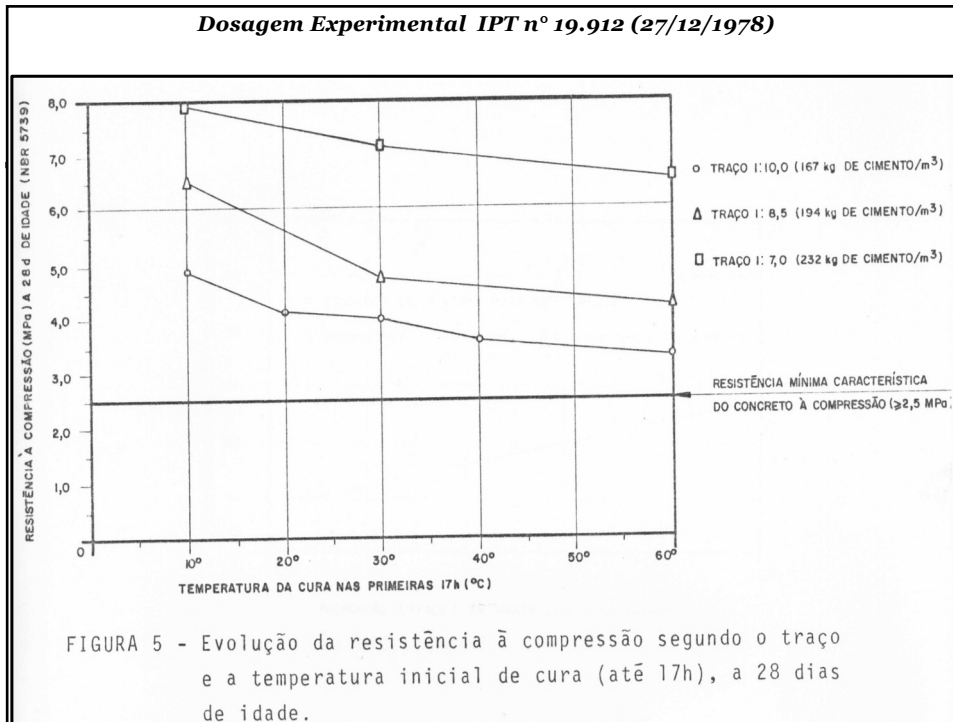


FIGURA 4 - Evolução da resistência à compressão segundo o traço e a temperatura inicial de cura, a 17 h de idade.

20



21



22

Documentos Normativos



- NBR 12644:1992.** *Concreto Celular Espumoso. Determinação da Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco. Método de Ensaio. ABNT*
- NBR 12645:1992.** *Execução de Paredes em Concreto Celular Espumoso Moldadas no Local. ABNT (preparação, controle e aplicação do CCE)*
- NBR 12646:1992.** *Paredes de Concreto Celular Espumoso Moldadas no Local. Especificação. ABNT (execução, controle de qualidade e recebimento de PCCE)*
- NBR 15575:2008 → 2010.** *Edifícios Habitacionais de até 5 Pavimentos. Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Parte 2: Sistemas Estruturais. Parte 3: Sistemas de Pisos Internos. Parte 4: Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas. Parte 5: Sistemas de Cobertura. Parte 6: Sistemas Hidrossanitários. ABNT*

Documentos



- Ferreira, O.A.R.** *Concretos Leves: O Concreto Celular Espumoso. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1986 (dissertação de Mestrado)*
- Teixeira Filho, F.J.** *Considerações sobre Algumas Propriedades dos Concretos Celulares. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1992 (Dissertação de Mestrado)*
- Lawrence, K; Lorslee, A.C.J. & Barros, M.M.B.** *A Influência do Teor de Fibras e de Cimento nas Características do Concreto Celular Espumoso para Emprego em Vedações Verticais de Edifícios. São Paulo, Escola Politécnica da USP, Anais do Congresso Latino-Americano de Tecnologia e Gestão de Edifícios. Soluções para o Terceiro Milênio. Novembro de 1998*
- Caixa Econômica Federal.** *Manual do Proponente da CEF. Processo de Aceitação Técnica de Inovações Tecnológicas. Programa de Apoio à Utilização de Material e/ou Sistema de Construção Alternativa. ITQC.CEF, Brasília. Janeiro 1999*

Documentos



Relatório NUTAU.USP. Avaliação do Sistema Construtivo Empregado na Construção de Habitações no Conjunto Nova Cidade em Manaus, Amazonas. Sistema em Concreto Celular Espumoso. Janeiro 2000

Parecer Técnico PCC.EP.USP. Durabilidade das paredes de concreto celular espumoso armado destinadas à construção de casas térreas no Conjunto Habitacional Condomínio Villa D'Itália em Ribeirão Preto, São Paulo. Março 2001

Relatório Técnico PCC.EP.USP. Avaliação da durabilidade de paredes de concreto celular espumoso armado destinadas à construção de casas térreas. Janeiro 2002

Relatório DCT.T.15.005.2003-RI. Furnas. CEF Avaliação de Sistemas Construtivos e Estabelecimento de Requisitos para Edificações Térreas com Paredes de Concreto Celular Espumoso. Dezembro 2003

Documentos



- **Relatório IPT 42.169.** Ensaio de flexo-compressão em paredes construídas em concreto celular, com armadura interna. Novembro 1999
- **Relatório de Ensaio IPT 869.356, IPT.** Medição da isolamento sonora de parede. Janeiro 2000
- **Relatório de Ensaio IPT 869.628.** Ensaio de resistência ao fogo em parede com função estrutural. Janeiro 2000
- **Relatório Técnico IPT 43.427.** Avaliação acústica de parede. Janeiro 2000
- **Relatório de Ensaio IPT 870.123.** Verificação do comportamento sob ação de cargas provenientes de peças suspensas. Fevereiro 2000
- **Relatório de Ensaio IPT 870.124.** Verificação do comportamento sob efeito de solicitações transmitidas por porta. Fevereiro 2000
- **Relatório de Ensaio IPT 870.125.** Verificação da resistência a impactos de corpo mole. Fevereiro 2000
- **Relatório Técnico IPT 44.004.** Avaliação de desempenho quanto à segurança ao fogo de sistema construtivo em paredes estruturais de concreto leve polimerizado, moldadas no local para casas térreas. Fevereiro 2000
- **Relatório Técnico IPT 43.396.** Avaliação do desempenho térmico de sistema construtivo com paredes estruturais em concreto celular moldadas no local, para casas térreas. Fevereiro 2000

Concreto Celular



- $f_{ck,est} \geq 2,5$ MPa, aos 28 dias de idade; média > 5 MPa
(*depende da exigência de projeto*)
- $E_c = 5$ a 6 GPa, aos 28 dias de idade;
- densidade de massa aparente: 1.300 kg/m³ a 1.900 kg/m³;
- absorção de água: 20% a 28% (em massa);
- volume de vazios: 25% a 45% ;
- consumo cimento = 280 a 320 kg/m³; (*depende de cada caso*)

Concreto Celular



- agregado graúdo com $D_{max} = 9$ mm;
- consumo de água de amassamento: 160 a 180 litros/m³;
- aditivo espumígeno: 0,6 litros/m³; (*depende de cada caso*)
- *aditivo fluidificante: (0,6%) 2,0 kg/m³; (depende de cada caso)*
- fibras de polipropileno 25 a 30mm: 0,2 a 1,0 kg/m³
(*depende de cada caso*)

Concreto Celular



- traço típico: *(depende da obra e local)*
 - cimento = 300 kg/m³;
 - areia seca = 700 kg/m³;
 - pedrisco = 480 kg/m³;
 - água = 160 kg/m³;
 - espuma = 300 litros/m³;
- O concreto celular é obtido pela mistura dos componentes acima, sendo utilizados máquinas geradoras de espuma e caminhões betoneira;
- Deve existir rigoroso controle da dosagem de concreto, através de um laboratório instalado no canteiro;
- Nas paredes usar tela eletrosoldada Q61 GERDAU / BELGO diâmetro 3,4 mm, malha 15 cm x 15 cm, aço CA 60

NBR 15575-2:2008 Requisitos Gerais item 7. Desempenho Estrutural



Requisito: *deve atender à norma de projeto estrutural. NBR 8681; NBR 6118; NBR 5674; NBR 14037. Qual?*

Considerando casa térrea, paredes de 8cm a 14cm, telhado de telha de barro, laje de forro (8cm), pé-direito de 2,50m, resulta taxa de compressão na base da parede <0,6MPa.

O radier de concreto armado $f_{ck}=20MPa$, deve suportar de 450kg/m a 800kg/m sob as paredes e deve ser armado com tela/malha de largura 1m sob as paredes. (Projetista / Calculista)

- ✓ *Impacto de corpo mole (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ *Impacto de corpo duro (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ *Carga Suspensa (ensaio PUC.PR e IPT.SP)*
- ✓ *Impacto de fechamento de portas (contra marco de CA)*
- ✓ *Janelas e vãos (verga e contra-verga)*

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 8. Segurança contra incêndio**



Ensaio de canto: carga de incêndio de madeira em tabique, com duração de 2h, segundo ASTM E 603 (rel. NUTAU.SP) (NBR 14432)

1. *Probabilidade baixa de início. Sistema incombustível;*
2. *Baixa propagação de fumaça (piso, laje forro, paredes → concreto)*
3. *Tempo e facilidades para evacuação (casa térrea)*
4. *Compartimentação → integridade do sistema estrutural (observado uma trinca vertical e lascamento da superfície do piso)*
5. *Propagação improvável a outra unidade habitacional, a excessão de ser usado madeira no telhado*

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 8. Segurança contra incêndio**



NBR 14432:2001. Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. Procedimento. ABNT

TRRF tempo requerido de resistência ao fogo. Período de tempo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão.

TRRF → 30 minutos; 60 minutos; 90 minutos e 120 minutos (> 30m);

Isentas:

- ✓ **qualquer edificação com área < 750m²;**
- ✓ **qualquer edificação térrea;**
- ✓ **qualquer sobrado com área < 1.500m² e carga de incêndio específica < 1.000MJ/m²**

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 9. Segurança no uso e na operação**



IBRACON

O sistema de paredes em concreto celular não apresenta:

1. risco de rupturas, instabilizações, tombamentos ou quedas, que possam colocar em risco a integridade física dos usuários ou de transeuntes nas imediações do imóvel;
2. risco de partes expostas cortantes ou perfurantes;
1. risco de deformações e defeitos acima dos limites especificados na NBR 15575

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 10. Estanqueidade**



IBRACON

1. Umidade ascensional do solo → radier de CA (*qq sistema*)
2. Umidade ascensional pelas paredes (*qq sistema*)
→ proteção com material base betume/alcatrão ou manta plástica
→ calçada externa > 50cm com rebaixo > 3cm
→ respingos de chuva → barramento impermeável 60cm parede externa
3. Telhado com beiral (60cm e / ou platibanda e rufo)
4. Áreas molháveis → barra impermeável, azulejo, etc. ≥1,5m

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 11. Conforto Térmico**

NBR 15220-1 a 5:2005 Desempenho Térmico de Edificações



O desempenho térmico depende:

1. Janelas e portas;
2. Zona Bioclimática (8 no Brasil);
3. Acabamento, espessura e cor de paredes e pisos;
4. Do tipo de cobertura (telhado+forro+cor telhado);
5. Do pé-direito;
6. Da orientação do imóvel e ventos;
7. Do período de ocupação;
8. Do número de usuários;
9. Das fontes internas de calor

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 11. Conforto Térmico**

NBR 15220-1 a 5:2005 Desempenho Térmico de Edificações



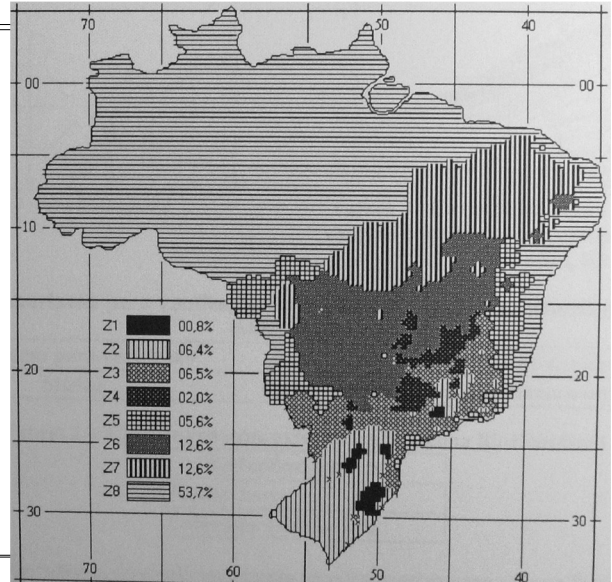
**O desempenho térmico no caso do
Concreto Celular é superior quando
comparado aos Sistemas tradicionais e ao
de Concreto convencional com a mesma
espessura de parede.**

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 11. Conforto Térmico

NBR 15220-1 a 5:2005 Desempenho Térmico de Edificações



Zoneamento
Bioclimático
Brasileiro.
8 Zonas
Z8 → Recife



Direitos Reservados 2010

37

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 11. Conforto Térmico

NBR 15220-1 a 5:2005 Desempenho Térmico de Edificações



O requisito de desempenho térmico para Zonas 6, 7 e 8 são:

Condição de verão:

Temperatura interna \leq temperatura máxima externa à sombra

Condição de inverno:

Dispensa verificação

Com paredes brancas e espessura \geq 10cm *atende (depende da arquitetura)*

Direitos Reservados 2010

38

38

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 12. Conforto Acústico**



NBR 10151:2000. Acústica. Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade . Procedimento
NBR 10152:1987. Níveis de ruído para conforto acústico

- ✓Isolação/amortecimento acústico entre ambientes
- ✓Isolação/amortecimento acústico de fontes externas

Depende:

1. Do local (ambiente externo)
2. Das aberturas janelas, portas, caixilhos
3. Da cobertura (telhado, estrutura, forro)

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 12. Conforto Acústico**



Muitos projetos arquitetônicos especificam forro de PVC, o que atenderia mas pode haver outras alternativas. Tem de ser avaliado a partir do projeto de arquitetura.

O importante é ressaltar que conforto térmico e acústico depende mais do projeto arquitetônico do que do material das paredes, porém o concreto celular é uma opção que só ajuda a melhorar ainda mais.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 13. Conforto Lumínico**



1. Iluminação natural, depende:
 - a) disposição dos cômodos;
 - b) orientação geográfica da edificação;
 - c) dimensionamento e posição das aberturas;
 - d) tipo de janela e de envidraçamento;
 - e) rugosidade e cor de paredes, tetos e pisos;
 - f) poços de ventilação e iluminação zenital;
 - g) influência de interferências externas (vizinhança)

2. Iluminação artificial

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 15. Saúde, Higiene e Qualidade do Ar**



1. Atender aos Regulamentos Técnicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

2. Propiciar condições de salubridade no interior da edificação, de forma a evitar a proliferação de microorganismos (como fungos e bactérias), considerando as condições de umidade e temperatura no interior da unidade habitacional, aliadas ao tipo dos sistemas utilizados na construção. (materiais hidrófilos ou hidrófugos)

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 16. Funcionalidade e Acessibilidade**



1. Atender dimensões e áreas mínimas
2. Ter programa de Gestão de Qualidade do Projeto, Execução e Uso
2. No projeto e na execução das edificações térreas e assobradadas de caráter evolutivo deve ser prevista – pelo incorporador ou construtor - a possibilidade de ampliação, especificando-se os detalhes construtivos necessários para ligação ou a continuidade de paredes, pisos, coberturas e instalações.

“paredes de CCE → flexibilidade e permitem expansões”

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 17. Conforto Tátil e Antropodinâmico**



1. Não prejudicar as atividades normais dos usuários, ao caminhar, apoiar, limpar, brincar, estudar, divertir-se, e semelhantes
1. Não apresentar rugosidades, ressaltos, pontas, feras, quinas, contundências, depressões ou outras irregularidades nos elementos, componentes, equipamentos e quaisquer acessórios ou partes da edificação.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

item 18. Adequação Ambiental



- Interferir o mínimo possível no ambiente
- Evitar os riscos ambientais (encostas, enchentes)
- Reduzir consumo de água
- Usar materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final.
- Implementar um sistema de gestão de resíduos no canteiro da obras, de forma a minimizar sua geração e possibilitar a separação de maneira adequada para facilitar o reuso, a reciclagem ou a disposição final em locais específicos.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

Anexos C & D. Vida Útil (VUP) & Garantia



1. Fundações e estrutura \geq 40anos / **5anos**
2. Paredes internas \geq 20anos / **5anos**
3. Cobertura \geq 20anos / **5anos**
4. Sistemas de impermeabilização \geq 8anos / **5anos**
5. Revestimentos de paredes internas \geq 13anos e externas \geq 20anos / **fissuras 2anos, estanqueidade 3anos e aderência 5anos;**
6. Cimentados, piso acabado em concreto \geq 13anos / **fissuras 2anos, estanqueidade 3anos;**
7. Pintura interna \geq 3anos e externa \geq 8anos / **2anos;**
8. Selantes, juntas e rejuntamentos \geq 4anos / **1ano.**

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Métodos de Avaliação da Vida Útil:

1. Comprovação de atendimento às normas específicas de projeto naquilo que tange à vida útil e durabilidade → **NBR 15575**
2. Comprovação de que os componentes e elementos atendem à especificação técnica correspondente → **NBR 15319 tubos**
3. Cumprir com normas estrangeiras → ASTM, ISO
4. Inspeção e diagnóstico de campo em obras já executadas e com idade > 2 anos;
5. Análise e extrapolação de resultados de estações de ensaio de campo ou acelerado.

“Manual de Uso, Operação e Manutenção Preventiva”

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Foram inspecionadas as paredes das casas térreas dos seguintes conjuntos habitacionais, habitados:

- Casa térrea em uso comercial há 20 anos, no pátio da Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP, em São Paulo - SP, em princípio localizada em atmosfera urbana e industrial;
- Conjunto Habitacional Parque Novo Mundo II, em Itu - SP, executado há cerca de 19 anos, em princípio localizado em atmosfera rural;
- Conjunto Habitacional Parque Vitória Régia, em Sorocaba - SP, executado há cerca de 16 anos, em princípio localizado em atmosfera urbana;
- Conjunto Habitacional Santarém, em Natal, Rio Grande do Norte, executado há cerca de 25 anos, em princípio localizado em atmosfera marítima.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Metodologia de Inspeção:

- Vistoria Geral visual das casas com foco nas paredes;
- *Potencialmente, a região mais sensível à deterioração precoce e significativa é a base aparente das paredes externas, o primeiro um metro de altura. Essa região é a única a receber uma incidência significativa de água de chuva e que, conseqüentemente, poderá desencadear um processo de corrosão da armadura;*
- Inspeção complementar detalhada apenas nas paredes externas.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Ensaio nas paredes, “in loco”:

1. Posicionamento da armadura;
2. Profundidade de carbonatação do concreto;
3. Teor de cloretos, no caso de atmosfera marítima;
4. Potencial de corrosão da armadura;
5. Extração de testemunhos de concreto;
6. Extração de testemunhos de aço.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Cabe salientar que as paredes internas apenas têm risco de umidade e de corrosão, em situações de falhas do processo construtivo ou de manutenção, p. ex., associadas a:

- falhas ou ausência de acabamento impermeável nas áreas de box de banheiro, de pia de cozinha ou de tanque;
- umidade de infiltração ou acidental, que não sejam corrigidas a curto ou médio prazo;
- falhas ou ausência de impermeabilização da fundação (radier), em solos com pouca drenagem, e que poderão desencadear a médio ou longo prazo absorção capilar significativa nas paredes, através do concreto celular espumoso.

Assim, as paredes internas foram apenas submetidas à inspeção visual, sem investigação destrutiva, pelos ensaios anteriores mencionados

Direitos Reservados 2010

51

51

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



**Casa
na
ABCP
SP**

20anos



Direitos R

52

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conj.
Hab
Parque
Novo
Mundo
Itú
SP

Casa 14, Quadra15, Lote13



Casa 25, Rua Júpiter



19anos

Casa 80, Rua Urano



Casa 83, Rua Urano



Direitos Reservados 2009

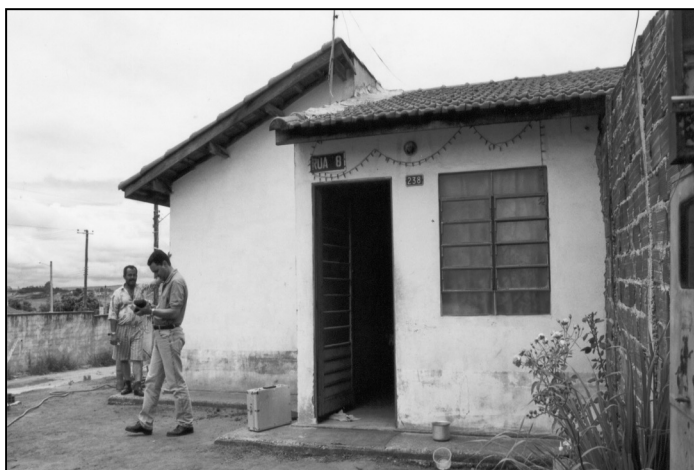
53

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conj.
Hab
Parque
Vitória
Régia
Sorocaba
SP

16anos



Direitos Reservados 2010

54

54

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conj.
Hab
Santarém
Natal
RN

25anos

Rua
Balsa
Nova



Direitos Reservados 2010

55

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conj.
Hab
Santarém
Natal
RN

25anos

Rua
Taubaté



Direitos Reservados 2010

56

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conjunto Habitacional Santarém, com 25 anos, em Natal - RN, em jan/2001.
Corrosão da armadura em parede ao lado de tanque, de área de serviço, em casa na
Rua Balsa Nova, 66.

57

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais
item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Classes de Agressividade NBR 6118:2003

| | | |
|-----------------|------------------|-------------------------------------|
| 1 → fraca | → insignificante | → rural |
| 2 → média | → pequeno | → urbana |
| 3 → forte | → grande | → industrial ou marinha |
| 4 → muito forte | → elevado | → industrial, marinha ou específica |

58

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Casa térrea no pátio da ABCP, em São Paulo / SP

- **Macro-clima:** A atmosfera (macro-clima) pode ser considerada urbana e industrial, grau 3, com risco grande de deterioração da estrutura de concreto.

- **Micro-clima:** Do ponto de vista de micro-clima, as regiões externas, das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis. Considerando-se que a casa foi sempre mantida com a pintura bem conservada e que a calha da cobertura protege a base das paredes contra o respingo da água de chuva, pode-se admitir um micro-clima de classe de agressividade ambiental grau 3, com risco grande de corrosão.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais **item 14. Durabilidade & Manutenibilidade**



Conjuntos Habitacionais em Itu e Sorocaba – SP

- **Macro-clima:** As atmosferas (macro-clima) onde se localizam os Conjuntos Habitacionais Parque Vitória Régia e Parque Novo Mundo II podem ser consideradas entre rural a urbana, sem a presença de indústrias, grau 1 ou 2, ou seja, com risco insignificante ou pequeno de deterioração da estrutura de concreto.

- **Micro-clima:** Do ponto de vista de micro-clima as regiões externas das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis podendo ser considerados de grau de agressividade 2, ou de risco pequeno de deterioração da estrutura.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Conjunto Habitacional em Natal – RN

- **Macro-clima:** A atmosfera (macro-clima) onde se localiza o Conjunto Habitacional Santarém pode ser considerada marinha.
- **Micro-clima:** Do ponto de vista de micro-clima, as regiões externas das paredes externas, até um metro de altura e a interface radier parede externa são os pontos mais desfavoráveis podendo ser considerados de grau de agressividade 3 a 4, com forte risco de deterioração da estrutura.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Portanto, do ponto de vista da durabilidade a longo prazo, os maiores problemas potenciais desse sistema, são:

- **retração por secagem e por movimentação termohigroscópica cíclica do concreto celular**, que possam induzir fissuras que permitam o ingresso de água de chuva e comprometam a salubridade do interior da edificação;
- **absorção capilar de água do concreto celular**, pela base da parede em contato com o radier, que venha a gerar umidade e bolor no pé das paredes externas;
- **corrosão das armaduras de reforço das paredes externas**, que venha a gerar fissuras e destacamentos do concreto de cobrimento e a penetração de água pelas paredes. (*cobrimento 4cm*)

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Retração por secagem e por movimentação termohigroscópica cíclica

- A retração por secagem é inevitável nos materiais à base de cimento Portland. Deve ser combatida com telas/malhas e fibras de polipropileno.;
- Fissuras podem não ser problema. Não foi observada entrada de água por fissuras. Havendo beiral, não há penetração de água de chuva mesmo em fissuras de até 0,4mm de abertura;
- Cabe observar também que aberturas de fissura de até 0,4mm são aceitas universalmente . NBR 6118:2003:
- *“... As fissuras são sempre inevitáveis em estruturas de concreto onde existam tensões de tração, resultantes de carregamento direto ou por restrição a deformações impostas.*
- *Fissuras podem ainda ocorrer por outras causas, como retração plástica/térmica ou devido a reações químicas internas do concreto, nas primeiras idades ... (igual a qq outro)*

Direitos Reservados 2010

63

63

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Limites de abertura das fissuras

- *Na ausência de uma exigência específica, como por exemplo impermeabilidade, no caso de peças de edifícios usuais, pode ser adotado o valor de 0,3 mm como máxima abertura de fissura para as classes de agressividade II a IV.*
- *Para classe de **agressividade I**, esse valor pode ser relaxado, se não houver nenhum outro comprometimento, **admitindo-se 0,4 mm como limite.***
- Quanto à movimentação termohigroscópica cíclica das paredes esta decorre da sua exposição ao intemperismo ou nas áreas molháveis de tanque ou banheiro e consiste de um mecanismo de difícil previsão de conseqüências, por serem muito particulares em cada tipo de projeto, de acabamento e de eficácia da manutenção pelos usuários. *(qq outro sistema)*

Direitos Reservados 2010

64

64

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Absorção capilar pela base da parede em contato com o radier

- O concreto celular é um material de natureza hidrófila.
- No caso particular do concreto celular espumoso, em ensaios de laboratório por 72h a ascensão capilar máxima chegou aos 3,5cm, com média de 2,1cm, ou seja, é um problema de reduzidas consequências pois caso venha a ocorrer ficaria restrito à altura de meio rodapé. No entanto poderá causar bolor e corrosão de armadura nessa região, razão pelas quais o fenômeno de absorção deverá ser evitado.
- Registre-se, no entanto, que esse problema é uma especulação técnica dentro do exercício de previsão de vida útil, pois não foi observado em obra em nenhuma casa dos Conjuntos Habitacionais visitados, conforme o capítulo 4, e também porque o sistema utilizado prevê uma camada impermeabilizante de material betuminoso, próprio para essa finalidade.

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Corrosão das Armaduras

- Carbonatação não é importante. Penetração de cloretos é relativo;
- Vai despassivar mais cedo (5 anos) ou mais tarde (20anos). Sempre;
- Sem água não há corrosão, portanto maioria não vai corroer-se;

Aprovado!

- Se corroer, diâmetro < 4mm, produtos da corrosão ocupam vazios do próprio concreto → não vai fissurar.

Aprovado também!

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Sobre a durabilidade:

- O posicionamento do Prof Helene, adotando para durabilidade o conceito de vida útil de serviço, ao invés de vida útil de projeto, pode, em princípio, induzir que há um conflito de idéias entre pesquisadores.
- Dada a indefinição de local dos empreendimentos e de arquitetura das casas, aliada à dificuldade de conhecimento da cinética do processo de corrosão, a postura adotada anteriormente por alguns pesquisadores era de resguardo, daí não se “arriscar” a opinar sobre durabilidade após a despassivação do aço. Quando a análise refere-se a um caso pontual, bem definido, e com conhecimento amplo do processo de corrosão das armaduras, pode-se vislumbrar a hipótese de adotar o conceito de vida útil de serviço.
- Portanto, acatamos o parecer do Prof Helene, no qual fica explicado que as casas tendem a uma durabilidade superior a 50 anos, na hipótese mais pessimista.
-
- CEF → São Paulo, 05 MAR 2001 10/11 → Coordenação de Engenharia

Direitos Reservados 2010

67

67

NBR 15575-1:2008 Requisitos Gerais

item 14. Durabilidade & Manutenibilidade



Sobre o sistema, ainda há três aspectos a considerar:

- Necessidade de acompanhamento técnico especializado;
- O segundo, é a importância da manutenção preventiva;
- E o terceiro, são as recomendações do Prof. Helene;
 - Manter a utilização de produto betuminoso na interface paredes/radier;
 - Otimizar o processo de cobrimento das armaduras de forma a mantê-lo precisamente em 20 mm;
 - Manter o estucamento de paredes, após a desforma, utilizando pasta de cimento, areia bem fina e aditivo de base acrílica;
 - Manter o revestimento externo atual, através da aplicação de hidrofugantes de base silicone tipo resina de silicone, silanos ou siloxanos oligoméricos, renovados a cada 4 anos. Alternativamente, revestir com pintura 100% acrílica para exteriores, com um mínimo de 3 demãos, até a altura de 1,50 m;
 - Providenciar pingadeiras e acabamentos para a base dos vãos de janela;
 - Manter a calçada externa em nível inferior ao da casa, em pelo menos 3 cm.

“Finalizando, **concluimos pela viabilidade de financiamento ao sistema construtivo** “

“**CEF → São Paulo, 05 MAR 2001 10/11 → Coordenação de Engenharia** “

Direitos Reservados 2010

68

68



70