

DEFORMAÇÃO LENTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Talita de Souza Oliveira (Engenheira Civil) E-mail: talitasooliveira@yahoo.com.br
Ana Carolina Saraiva Cardoso (Engenheira Civil – Premaia Engenharia)

Resumo: A tecnologia do concreto evoluiu de forma muito rápida trazendo mudanças significativas na dosagem do mesmo. Como consequência, suas características foram alteradas de tal modo que hoje é difícil precisar qual é o seu comportamento a longo prazo. As empresas fornecedoras de concreto continuam dosando o material sem considerar a deformação lenta potencial como uma de suas variáveis. O fato de não quantificar corretamente o valor da deformação estrutural final acaba por gerar esforços indesejáveis nos elementos de vedação, esforços estes, que muitas das vezes estão acima do que elas conseguem suportar, gerando manifestações patológicas que poderiam ser evitadas se existisse controle da deformação lenta. O objetivo deste trabalho consistiu em um estudo com o intuito de entender a situação atual das estruturas de concreto e às suas manifestações patológicas devida à deformação lenta. Foi estudado ainda o comportamento dos materiais relacionados à fluência do concreto; foram analisados os componentes do concreto que podem interferir na deformação lenta; e relacionadas às causas das manifestações patológicas com possíveis tratamentos ou prevenções. A análise com base nos estudos bibliográficos, ensaios, experimentos e comparações procuraram apontar os principais parâmetros e variáveis envolvidas na fluência do concreto.

Palavras-chave: Concreto Armado, Deformação lenta, Fluência do concreto, Deformação elástica, Manifestações patológicas.

SLOW DEFORMATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND THEIR PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS

Abstract: The technology of concrete has evolved very quickly bringing significant changes in the dosage of the same. As a consequence, its characteristics have been altered in such a way that it is difficult to determine its long-term behavior today. The companies supplying concrete continue to measure the material without considering the potential long-term deflection as one of its variables. Failure to correctly quantify the value of the final structural deflection results in undesirable stresses on the seal elements, which are often greater than they can withstand, leading to pathological manifestation that could be avoided if there were control of the longterm deflection . The objective of this work was to study the current situation of reinforced concrete structures and their pathological manifestations due to the long-term deflection. It was also studied the behavior of materials related to the creep of the concrete; the concrete components that may interfere with the deflection were analyzed; and related to the causes of the pathological manifestations with possible treatments or preventions. The analysis based on the bibliographic studies, tests, experiments and comparisons sought to point out the main parameters and variables involved in the creep of the concrete.

Keywords: Reinforced Concrete , long-term deflection, Creep, elastic deflections, pathological manifestation.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é um sistema de grande uso na construção civil, obtido pela composição de cimento, agregados graúdos e miúdos, água e barras de aço convenientemente dispostos. O concreto pode conter aditivos, o que também influenciam no seu desempenho.

O avanço da tecnologia do concreto evoluiu de forma muito rápida trazendo mudanças significativas na dosagem do mesmo e conseqüentemente suas características foram alteradas de tal modo que hoje não se conhece o seu comportamento em longo prazo. A evolução dos métodos de cálculo estrutural, o maior entendimento do comportamento das estruturas e a utilização de materiais com menor peso específico possibilitaram a execução de estruturas mais esbeltas e conseqüentemente mais leves. Neste sentido, a rigidez dos pórticos estruturais foi reduzida, resultando em estruturas mais deformáveis. Entretanto, a falta de uma visão global das edificações prejudicou sobremaneira o subsistema de vedação, que acabou por receber cargas que não eram pertinentes a sua função gerando inúmeras manifestações patológicas.

As empresas fornecedoras de concreto continuam dosando o material sem considerar a deformação lenta potencial como uma das variáveis. O fato de não se ter esse parâmetro limite propicia a estrutura a gerar esforços para os elementos de vedação acima dos suportados, gerando patologias que poderiam ser evitadas se existisse controle da deformação lenta.

Neste artigo foram conceituados os principais termos relacionados ao assunto abordado, relacionando-os de forma comparativa para um maior entendimento do tema. A seguir foram citadas e explicadas as principais manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto armado decorrentes das deformações lentas excessivas e suas possíveis soluções para tratamento do problema.

Foi realizada uma pesquisa para determinar os principais ensaios relacionados à deformação lenta do concreto. Tais ensaios seguem explicados no item relativo aos materiais e métodos. Posteriormente, realizou-se uma análise dos estudos de caso encontrados e estabeleceu-se uma metodologia para nortear estudos subsequentes.

1.1 Referencial teórico

O avanço da tecnologia dos materiais trouxeram mudanças significativas em sua dosagem. O concreto foi modificado de tantas formas que hoje não é conhecido o seu comportamento a longo prazo. Segundo Sabbatini, em entrevista dada a Medeiros (2005) o período entre 1994 e 2011 foi epidêmico para esta área, devido a diversas patologias em edifícios que tiveram como causa a deformação excessiva do concreto, dentre elas, a ruptura do equilíbrio entre a alvenaria e a estrutura.

Vigas e lajes deformam-se naturalmente sob a ação do peso próprio, das cargas de serviço e das cargas acidentais. Estas flechas somadas aos efeitos da deformação lenta do concreto ao longo da vida útil da estrutura tornam-se excessivas e podem causar fissuras e em casos extremos o rompimento da alvenaria. Isto porque as flechas originadas passam a ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes e outros componentes que integram os edifícios.

A NBR 6118 (2014), especifica valores limites visuais para flechas em elementos estruturais e paredes de vedação. Portanto, quando os valores das flechas por deformação lenta ultrapassam os deslocamentos que a alvenaria suporta ocorrem as manifestações patológicas.

As deformações da estrutura tendem a introduzir nas alvenarias esforços de tração ou compressão (dependendo do caso) e cisalhamento, provocando fissuras com diferentes configurações. As Figuras 1 a 3 ilustram o aparecimento de fissuras nas alvenarias quando ocorrem deslocamentos excessivos nos elementos estruturais.

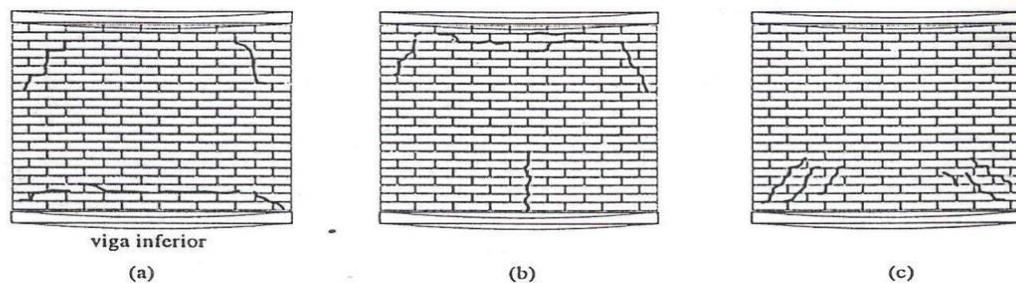


Figura 1 - Configurações possíveis de trincas devido a deformações das vigas de apoio. (Silva e Jonov)

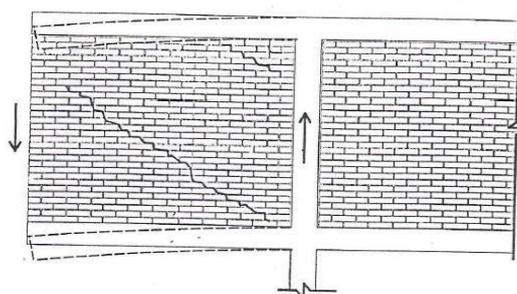


Figura 2 - Configuração das trincas na alvenaria devido ao cisalhamento e à deformação excessiva de vigas em balanço. (Silva e Jonov)

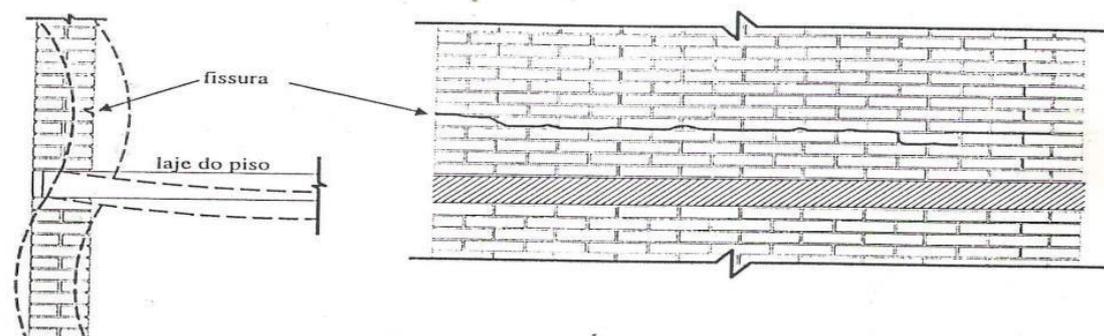


Figura 3 - Configuração das trincas na alvenaria devido a deformação excessiva da laje. (Silva e Jonov)

O principal problema do surgimento de uma patologia é que se não tratada ela se torna evolutiva e tende a se agravar com o passar do tempo. Como descrito, uma flecha excessiva em vigas e lajes podem ocasionar fissuras nas paredes, que se não tratadas podem dar origem à corrosão de armaduras.

A corrosão de armaduras é um fenômeno muito incidente nas estruturas de concreto armado. Relacionado à deformação lenta, esse processo é geralmente iniciado quando há fissura e então agentes agressivos penetram no concreto até atingir a armadura, ocasionando o fenômeno da despassivação.

Segundo Andrade e Molin (2003), existem dois agentes que podem despassivar a armadura no interior do material. O primeiro deles é o dióxido de carbono (CO_2) presente principalmente na atmosfera circundante das grandes cidades. O mecanismo de despassivação pela ação do CO_2 é conhecido como carbonatação do concreto, onde tal processo leva geralmente a uma corrosão do tipo uniforme ao longo da barra. O segundo agente que pode despassivar uma armadura é o íon cloreto (Cl^-), presente principalmente nas áreas industriais e nas zonas salinas. A corrosão induzida por cloretos ocorre em pontos específicos da armadura, podendo levar a uma redução significativa da seção transversal das barras.

O prejuízo para as construtoras e transtornos causados aos usuários vem crescendo principalmente nos últimos anos pelo aparecimento constante das manifestações patológicas apresentadas. A principal causa apontada é a falta de conhecimento da deformação lenta. Deformação lenta é o acréscimo de deformação que ocorre no concreto se a solicitação for mantida após a deformação instantânea que é conhecida e prevista através do módulo de elasticidade. As deformações lentas podem ser definidas também como sendo o aumento, ao longo do tempo, das deformações relativas sob tensões permanentes. A fluência é um aspecto de um fenômeno físico, bastante complexo, dependente de vários parâmetros e pode interferir diretamente na deformação lenta (SANTOS, 1983).

Ao atuar uma força de compressão sob uma peça de concreto, inicialmente ocorre uma acomodação das partículas de formação do concreto, se a força permanecer ao longo do tempo, a água capilar se movimentará por capilares mais finos, ocasionando tensões internas e provocando deformação lenta através do fenômeno de fluência.

A NBR 6118 (2014), em seu anexo A, trata do efeito do tempo no concreto estrutural. Por definição da norma a deformação do concreto é o somatório da deformação imediata, da deformação por fluência e da deformação por retração. Ela divide a deformação por fluência do concreto em duas partes: uma rápida e outra lenta. “A deformação rápida é irreversível e ocorre durante as primeiras 24 horas após a aplicação da carga que a originou. A deformação lenta é, por sua vez, composta por duas outras parcelas: a deformação lenta irreversível e a deformação lenta reversível.”

Segundo Catai (2005), os fatores que afetam a fluência em geral são: Presença de água capilar; Geometria da peça (quanto mais esbeltas, maiores serão os efeitos da fluência); Grau de exposição (em peças estruturais expostas ao meio ambiente, maiores serão os efeitos da fluência); Variação de umidade (quanto maior for esta variação maior o efeito da fluência); Idade do concreto (com o passar do tempo os efeitos da fluência tendem a estagnar); Condições de cura (uma cura adequada diminui os efeitos da fluência); Exposição em altas temperaturas (durante o período em que a estrutura está sendo carregada sob altas temperaturas, a fluência pode ser significativa); e Magnitudes das tensões (quanto maiores forem às tensões os efeitos da fluência devem ser maiores).

Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013), além dos fatores acima destacados, o tipo de material e a dosagem, os aditivos e adições, a composição química do cimento e a finura também influenciam de forma direta na fluência.

A Figura 4 ilustra a deformação elástica e por fluência com o passar do tempo. Nele pode-se observar a grande deformação irreversível por fluência do concreto após a etapa de descarregamento. Nota-se ainda como que a deformação e a recuperação elástica acontecem em um intervalo de tempo muito pequeno, ao passo que, a fluência se dá em um intervalo de tempo considerável seja no carregamento e seja no descarregamento.

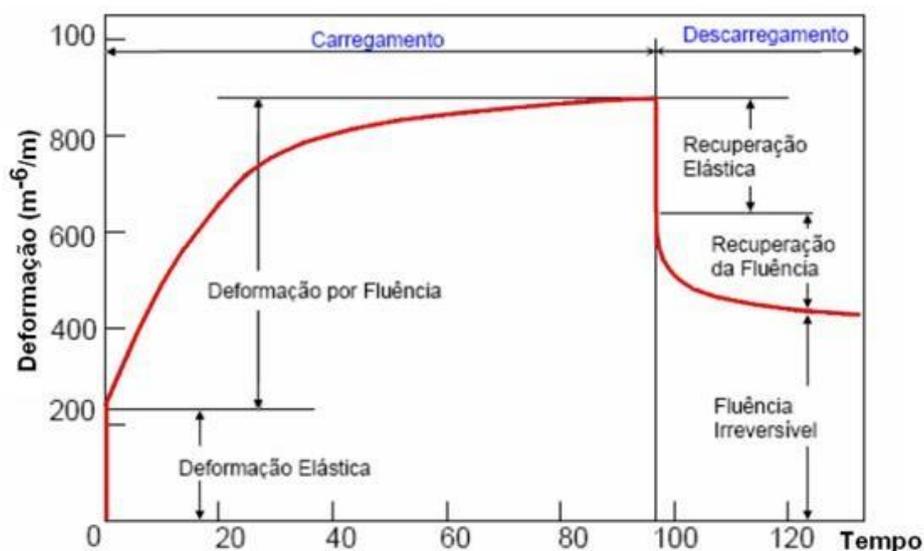


Figura 4 - Deformação estrutural com o tempo em fase de carregamento e descarregamento. (Mehta e Monteiro)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Existem várias metodologias e fórmulas para o cálculo das deformações do concreto ao longo do tempo, bem como vários ensaios para a determinação experimental dos efeitos da deformação inicial, deformação por fluência e da deformação por retração.

Nesta seção abordaremos as duas principais normas utilizadas no Brasil: a NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997). E ainda o artigo de MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) que realizou os experimentos para análise da fluência nas idades de 14 dias e 49 dias e em ambiente controlado (câmara climatizada) ou sem controle.

2.1 Cálculo da Fluência segundo a NBR 6118 (2014)

A deformação total é dada pelo somatório da deformação imediata, da deformação por fluência (ξ_{cc}) e da deformação por retração. Esta norma estabelece que ξ_{cc} é igual ao coeficiente de fluência (φ) vezes a divisão de σ_c que é a tensão de compressão que a peça de concreto é submetida por E_{c28} que é o módulo de elasticidade aos 28 dias (Equação 1).

Sendo que φ é igual ao somatório dos coeficientes de deformação rápida (φ_a , dado pela Equação 03), de deformação lenta irreversível (φ_f , dado pela Equação 04) e de deformação lenta reversível (φ_d , dado pela Equação 08).

$$\xi_{cc} = (\sigma_c / E_{c28}) \cdot \varphi \quad \text{Equação 01}$$

$$\varphi = \varphi_a + \varphi_f + \varphi_d \quad \text{Equação 02}$$

$$\varphi_a = z \{1 - \exp\{s[1 - (28/t)^{1/2}]\}\} \quad \text{Equação 03}$$

Onde:

$z=0,8$ para concretos C20 a C45 ou $1,4$ para concretos C50 a C90;

$s=0,38$ para concreto de cimento CPIII e IV ou $0,25$ para concreto de cimento CPI e II ou $0,20$ para concreto de cimento CPV-ARI.

$$\phi_f = m \cdot \phi_{1c} \cdot \phi_{2c} \cdot \{\beta_f(t) - \beta_f(t_0)\} \quad \text{Equação 04}$$

Onde:

$m= 1,0$ para concretos C20 a C45 ou $0,45$ para concretos C50 a C90;

ϕ_{1c} é o coeficiente dependente da umidade relativa do ambiente dado pela Tabela 01;

ϕ_{2c} é o coeficiente dependente espessura fictícia h da peça conforme Equação 05 e 06.

Tabela 1 - Valores numéricos usuais do coeficiente ϕ_{1c} para determinação da fluência (ABNT NBR 8224 (1983))

Ambiente	Umidade (U%)	Abatimento do concreto (cm)		
		0-4	5-9	10-15
Na água	-	0,6	0,8	1,0
Amb. muito úmido	90	1,0	1,3	1,6
Ao ar livre	70	1,5	2,0	2,5
Amb. Seco	40	2,3	3,0	3,8

$$\phi_{2c} = (42 + h)/(20 + h) \quad \text{Equação 05}$$

$$h = [1 + \exp(-7,8 + 0,1U)](2Ac/uar) \quad \text{Equação 06}$$

Onde, U é a umidade relativa do ambiente, Ac é a área da seção transversal da peça e uar é a parte do perímetro externo da seção transversal da peça em contato com o ar.

$$\beta_f(t) = [t^2 + (42h^3 - 350h^2 + 588h + 113)t + 768h^3 + 3060h^2 + 3234h - 23] / [t^2 + (-200h^3 + 13h^2 + 1090h + 183)t + 7579h^3 - 31916h^2 + 35343h + 1931] \quad \text{Equação 07}$$

$$\phi_d = 0,4 [(t-t_0+20)/(t-t_0+70)] \quad \text{Equação 08}$$

Percebe-se que os cálculos são trabalhosos e incluem muitas variáveis. Todavia, quando se toma conhecimento da importância de se quantificar as deformações por fluência, tais verificações tornam-se imprescindíveis para a qualidade e durabilidade da edificação projetada.

2.2 Cálculo da Fluência segundo a ACI 209R-92 (1997)

A norma americana leva em consideração uma grande gama de variáveis. Ela parte de uma situação padrão (standard conditions) conforme pode ser visto na Tabela 02 e estabelece a Equação 09 para cálculo do coeficiente de fluência (vu).

$$v_u = 2,35 \cdot \Psi$$

Equação 09

Onde Ψ é o resultado da multiplicação de todos os coeficiente ajuste.

Tabela 2 - Situação padrão para cálculo da fluência (ACI 209R-92-Traduzida)

Fatores		Variáveis Consideradas	Condição Padrão
Concreto	Composição	Tipo de Cimento	CP I ou CP III
		Slump	70mm
		% de Vazios	≤6%
		% de Agregados finos	50%
		Quant. De Cimento	279 a 446kg/m ³
	Cura	Cura úmida	7 dias
		Cura Vapor	1-3 dias
		Temperatura da cura úmida	23+/-2°C
		Temperatura da cura vapor	≤100°C
		Umidade Relativa	≥95%
Ambiente e geometria	Ambiente	Temperatura do concreto	23+/-2°C
		Umidade Relativa	40%
	Geometria	Taxa de superfície de Contato	v/s = 38mm
		Espessura mínima	150mm
Carregamento	História	Idade do concreto quando carregado (Cura úmida)	7 dias
		Idade do concreto quando carregado (Cura vapor)	1-3 dias
		Duração do período de carregamento	Carregamento continuado (mantido)
	Condição de tensão	Tipo de tenção e distribuição ao longo da seção	Compressão axial
		taxa de tensão/força	≤0,50

Esta norma divide os coeficientes de ajuste, ou fatores de correção, em dois grupos: os que são relativos à composição do concreto e os que não são conforme se segue:

Fatores de correção relacionados à composição do concreto:

- Slump ou Abatimento do concreto; Porcentagem de agregados finos; e Porcentagem de ar (vazios).

Fatores de correção não relacionados à composição do concreto:

- Idade de Carregamento; Umidade relativa do ambiente; Espessura do elemento; e Temperatura do ambiente.

Portanto, a norma americana exige uma boa caracterização dos materiais utilizados na estrutura e um bom conhecimento do ambiente onde esta estrutura será inserida, para posteriormente ter condições de calcular as deformações por fluência que a edificação estará sujeita.

2.3 Experimentos realizados por MARQUES, BITTENCOURT E BARBOSA (2013)

Os experimentos realizados por MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013), tiveram o intuito de fazer comparações entre os resultados experimentais de fluência por secagem de corpos de prova carregados em duas idades diferentes (14 e 49 dias) e mantidos em ambiente controlado (câmara climatizada) e não controlado. O concreto utilizado neste trabalho foi um concreto auto adensável de traço único para a elaboração dos corpos de prova. Foi realizada uma caracterização tanto no estado fresco quanto no estado endurecido do material obtido.

Para o ensaio de Fluência foram utilizados corpos de prova (CP) cilíndricos de 15cm de diâmetro e 30cm de altura. Foi utilizado extensômetro elétrico de imersão em concreto da marca KYOWA, modelo KM-120-120-H2-11W1M3. A desforma dos CP's no dia de cada ensaio. Os procedimentos de carregamento seguiram a NBR 8224 (1983).

O carregamento foi realizado em três etapas. Foi efetuado dois carregamentos e descarregamentos consecutivos com carga de 30 MPa (que corresponde a 30% da tensão de ruptura do corpo de prova para a idade de 14 dias). Posteriormente foi feito o carregamento definitivo com a aplicação total da carga em um período de 30s. O valor da carga máxima foi fixado devido a limitação do sistema utilizado. As medidas foram feitas no primeiro dia a cada 30s, sendo mantida a cada 1h a partir do segundo dia até o fim do ensaio. A Figura 5 apresenta o gráfico com os resultados da fluência em função do tempo dos quatro tipos de ensaios.

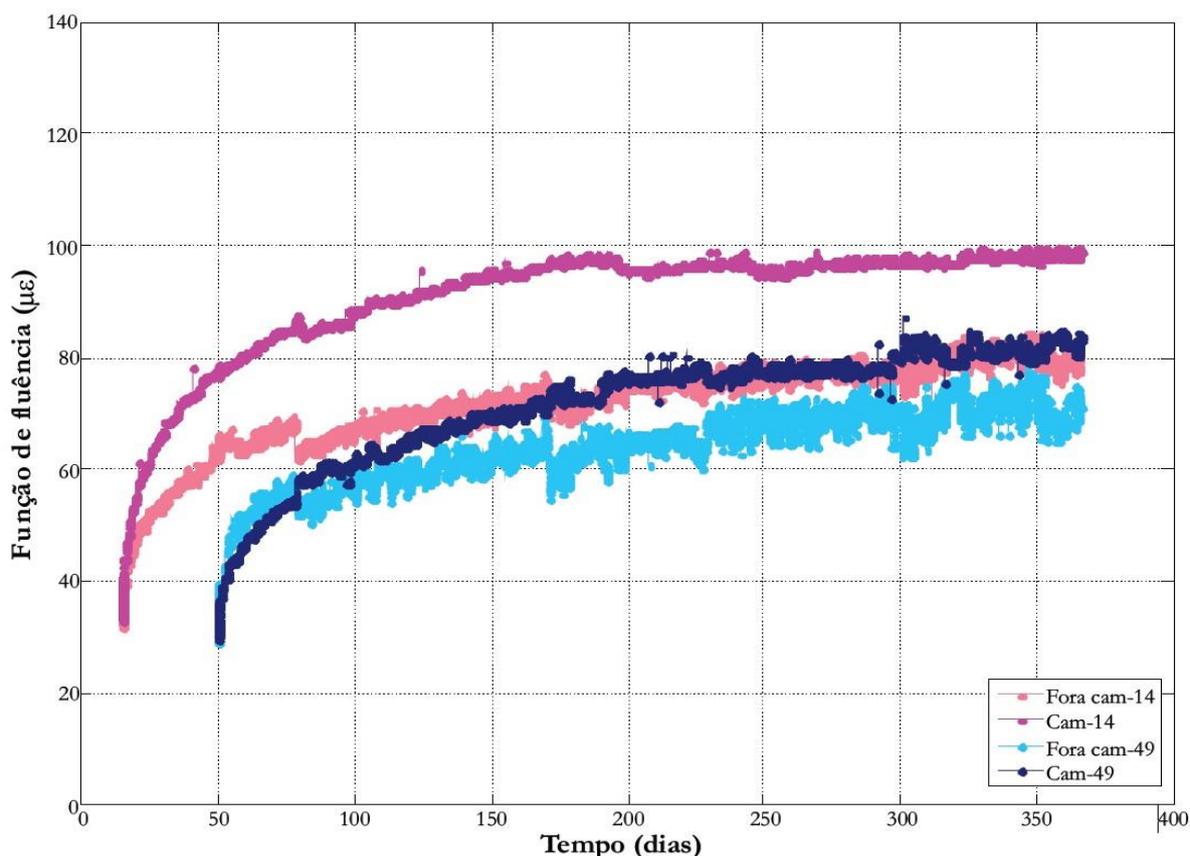


Figura 5 - Função de fluência com o passar do tempo para os CPs de 14 e 49 dias, dentro e fora da câmara climatizada. (MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA)

A partir de uma análise gráfica dos resultados, observa-se claramente que os corpos de prova que foram submetidos à cargas de compressão em idade mais nova (14 dias) a influência do ambiente de cura foi maior (a distância das duas curvas foi maior). Além disso, os que foram carregados antes atingiram maiores patamares de deformação por fluência, ou seja, concretos carregados com maiores idades apresentam menores deformações por fluência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da apresentação das duas principais normas utilizadas no Brasil: a NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997), segue-se uma discussão comparativa entre estas normas. Apresentamos ainda a comparação gráfica realizada por MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) entre os seus resultados experimentais e as curvas dos gráficos obtidos a partir das normas. Finalmente discutiremos os possíveis tratamentos das manifestações patológicas apresentadas.

3.1 NBR 6118 (2014) versus ACI 209R-92 (1997)

Ambas as normas levam em consideração vários parâmetros de influência para o cálculo do coeficiente de fluência do concreto. Fatores comuns:

- Idade do carregamento; Umidade relativa do ambiente; Espessura do elemento; e Slump ou Abatimento do concreto.

Entretanto, a ACI vai além e considera além dos fatores acima mencionados outros dois fatores relacionados à composição do concreto. São eles:

- Porcentagem de agregados finos e porcentagem de ar (vazios).

Conforme foi dito no referencial teórico a estrutura ao ser submetida a um carregamento por longo período de tempo, está sujeita ao movimento capilar da água, ocasionando tensões internas e provocando a deformação lenta. Portanto, faz sentido as considerações adicionais da ACI, uma vez que se preocupa com teor de finos e com a porcentagem de vazios.

3.2 Resultados obtidos por MARQUES, BITTENCOURT E BARBOSA (2013)

Quando compara-se os resultados obtidos nos ensaios de fluência com os valores obtidos pelas principais formulações de previsão de fluência existentes MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) obtiveram os seguintes resultados:

- Carregamentos à 14 dias dentro e fora da câmara:

Os resultados obtidos apresentaram valores próximos aos dos vários modelos e, principalmente os modelos abordados neste artigo da NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997). Mais precisamente, a NBR foi a que ficou mais próxima do resultado obtido através do experimento.

Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) a comparação entre os resultados experimentais e os modelos de previsão foi feita utilizando o coeficiente de variação ($wB3$). Como os modelos de previsão não consideram a variação de umidade relativa ao longo do tempo foi estabelecido como dado de entrada nestes modelos a umidade relativa média referente ao primeiro mês do ensaio.

- Carregamentos à 49 dias dentro e fora da câmara:

Foram feitas as mesmas comparações para os resultados dos corpos de prova carregados aos 49 dias dentro e fora da câmara. E da mesma forma, vários modelos de previsão se aproximaram dos resultados obtidos pelo experimento, mas neste caso, outros modelos ficam mais próximos do que os modelos abordados neste artigo.

Dentre os modelos analisados, observamos que os mesmos apresentam boa previsão em relação aos resultados experimentais, principalmente comparando com os resultados que foram obtidos a partir do carregamento de 14 dias. Entretanto, são necessárias comparações entre resultados experimentais de outros traços, outros tipos de concreto (os mais utilizados no Brasil), variando o tipo de cimento, proporção e tipo de agregados com os modelos de previsão apresentados, a fim de se obter uma confirmação da eficiência dos mesmos.

3.3 Tratamento das Manifestações Patológicas

A manifestação patológica mais comum causada pela deformação lenta são as fissuras nas peças estruturais. Esta devem ser tratadas para evitar maiores problemas como a corrosão das armaduras. Como passo inicial para tratamento dessas manifestações patológicas é necessário realizar a limpeza da superfície para conhecimento e avaliação da situação real da estrutura.

Após a avaliação deve-se tratar a fissura, o objetivo é impedir o transporte nocivo de líquidos e gases, evitando o ataque às armaduras. O tratamento consiste em fazer o fechamento da fissura com material resistente e aderente (materiais rígidos - epóxi ou grautes) que possui

bom comportamento frente aos agentes agressivos fazendo com que a peça volte a ser monolítica.

Quando a manifestação patológica já evoluiu para corrosão de armadura, o procedimento padrão para tratamento das áreas contaminadas consiste em retirar todo o concreto deteriorado até que se obtenha a exposição completa da armadura.

Quando é constatada uma perda de seção transversal da armadura após a operação de limpeza das mesmas entre 15% e 25% da seção original da barra, é recomendável a colocação de armadura suplementar para que seja recomposta a seção de aço originalmente recomendada. Essa nova armadura deverá estar ancorada, seguindo rigorosamente as normas estruturais. Posteriormente, o concreto é recomposto com graute base cimento.

4. CONCLUSÕES

Ao analisarmos e introduzirmos uma discussão comparativa entre as duas normas e ainda complementadas pelo artigo apresentados neste trabalho, destacamos que em ambos pode-se entrever uma dificuldade de entendimento e aplicação do conceito de deformação lenta. Devemos estas dificuldades principalmente a:

- a deformação por fluência do concreto é uma parte da deformação lenta. A ela devemos somar as deformações por retração do concreto;
- os cálculos do coeficiente de fluência são complexos exigem um conhecimento prévio dos materiais utilizados na execução da obra e das condições ambientais do entorno; □ o cálculo da retração do concreto é de igual complexidade e também está relacionado a inúmeros fatores de influência.
- Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) “existem vários fatores que afetam a fluência e a dificuldade em prever com precisão a fluência do concreto encontra-se na interação dos diversos mecanismos físicos que são influenciados por tais parâmetros”;
- O uso das normas apresentadas devem ser aplicadas na prática a fim de tentar prever uma possível deformação lenta já que os experimentos demandam muito tempo e recursos;

Conforme foi apresentado ao longo deste trabalho, uma edificação cujos cálculos não levaram em consideração as deformações lentas do concreto, possivelmente terão grandes deslocamentos ao longo de sua vida útil. Uma vez que a estrutura já foi executada e está em uso, deve-se atentar para os sinais de grandes deslocamentos estruturais. Destacamos ainda que:

- os problemas gerados no futuro devido à negligência dos cálculos da fluência interferem diretamente na durabilidade da edificação;
- As manifestações patológicas que ocorrem em estrutura com grandes deformações são de alto custo de reparação e devem ser acompanhadas de perto por mão de obra especializada;
- quanto mais tempo se demora para tratar uma patologia maior será o gasto e o transtorno para efetuar o reparo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *ACI 209R-92. Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures.* ACI 1997.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; MOLIN, Denise Carpena Coitinho Dal. *Considerações Quanto aos Modelos Empregados para a Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado: Despassivação por Íons Cloreto.* *Engenharia Civil - UM, [S.l.], n. 18, p. 31-44, jan. 2003.*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.* Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8224: Determinação da fluência – Método de Ensaio.* Rio de Janeiro. 1983.

CATAI, Evandro. *Análise dos Efeitos da Retração e Fluência em Vigas Mistas.* *Dissertação de Mestrado.* Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 166. 2005.

MARQUES, A. C.; BITTENCOURT, T. N.; BARBOSA, M. P. *Influence of the environment and loading age on SCC drying creep.* *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 227-245, abr. 2013.*

MEDEIROS, Heloisa. *Entrevista: Construção crítica.* *Revista Técnica, São Paulo, n. 99, p. 1-4, jun. 2005.*

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concrete Microstructure, Properties, and Materials – Fourth Edition.* Ed.: McGraw Hill. 2013.

SANTOS, Lauro M. *Cálculo de concreto armado segundo a nova NB-1 e o CEB.* São Paulo, 1983.

SILVA, Adriano de Paula e; JONOV, Cristiane Machado Parisi. *FALHAS E PATOLOGIAS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.* Belo Horizonte: UFMG, 2016. 157 slides, colorido.