

# ENSAIOS DE CARGA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

**Clayton Reis de Oliveira<sup>1</sup>, Armando Lopes Moreno Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia de Passos / Departamento de Estruturas e Edificações.  
Rua Bahia 656, Bela Vista – Passos – MG. Telefone (35)3522-3114  
CEP:37900-236 / e-mail: claytonreisoliveira@gmail.com  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP / Departamento de Estruturas  
Rua Saturnino de Brito 135, Laboratório de Estruturas  
Cidade Universitária Zeferino Vaz s/nº - Distrito de Barão Geraldo, Campinas – SP  
Telefone (19)3521-2363 / CEP:13083-852 / e-mail:claytonr@fec.unicamp.br

**Resumo** - Um dos testes mais eficientes para verificar a segurança de uma estrutura já concluída é uma prova de carga. Quando existem dúvidas quanto à estabilidade de uma estrutura, devido a fatores, dentre outros, como qualidade dos materiais de construção, utilização ou manutenção inadequada ou até mesmo uma nova utilização da edificação, diferente daquela inicialmente prevista no projeto, uma prova de carga é recomendada. Este trabalho visa apresentar os critérios mais importantes que devem ser considerados em uma prova de carga. Descreve os procedimentos prescritos na norma brasileira (NBR 9607-1986). Destaca aspectos como a obrigatoriedade de uma prova de carga, intensidade do carregamento a ser aplicado, análise dos resultados e critérios de aceitação estipulados pela referida norma.

**Palavras-chave:** Avaliação estrutural, prova de carga, estruturas, concreto.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Civil

## Introdução

Segundo Casadei *et al.* (2003) um grande número de estruturas de concreto armado nos EUA precisa de uma avaliação estrutural. Estas estruturas tiveram sua utilização, inicialmente prevista em projeto, modificada com incrementos de carregamentos de utilização. Fato semelhante vem acontecendo em várias partes do mundo.

No Brasil a situação é idêntica. Edificações urbanas que, devido à valorização imobiliária, edifícios fabris passaram a ser adaptados a novas utilizações, nem sempre com alívios de carregamentos.

A construção de novas estruturas é tarefa difícil, especialmente se levarmos em consideração o grande volume de capital e de tempo envolvidos. Entretanto, muitas estruturas existentes sobre cujo comportamento pairam dúvidas, podem ser aproveitadas mediante uma avaliação estrutural.

Um dos testes mais eficientes para verificar a segurança de uma estrutura já concluída é uma prova de carga. Quando existem dúvidas quanto à estabilidade de uma estrutura, quanto à idoneidade dos materiais de construção, utilização inadequada, ou até mesmo uma nova utilização da estrutura, é recomendado um teste de carregamento ou a chamada “prova de carga”.

Este trabalho visa apresentar os critérios mais importantes que devem ser considerados em uma prova de carga. Descreve os procedimentos prescritos na norma brasileira (NBR 9607-1986). Destaca aspectos como a obrigatoriedade de uma

prova de carga, intensidade do carregamento a ser aplicado, análise dos resultados e critérios de aceitação estipulados pela referida norma.

## Prova de carga

De acordo com a NBR-9607 (1986) prova de carga é definida como sendo um conjunto de atividades destinadas a analisar o desempenho de uma estrutura através da medição e controle de efeitos causados pela aplicação de ações externas de intensidade e natureza previamente estabelecidas.

Conforme observa a recomendação espanhola EHE (1998), as provas de carga são instrumentos válidos de efetivo estabelecimento de parâmetros de dimensionamento de estruturas, tais como, distribuição de carregamentos, rotações de apoio e deslocamentos verticais máximos. Visão esta, atualmente incorporada em recentes normas nacionais.

Existem dois tipos de prova de carga: a prova de carga estática, que consiste na observação do comportamento da estrutura sob carga estática e a prova de carga dinâmica, que consiste basicamente na vibração da estrutura e observação de seu comportamento quando vibrada. Esse trabalho se limitará ao primeiro caso.

Um ensaio de prova de carga estática pode ser classificado como destrutivo ou não destrutivo. O ensaio destrutivo é empregado quando o objetivo é avaliar o comportamento da estrutura até a ruína, em situação última de carregamento. No

ensaio não destrutivo a estrutura, ou elemento estrutural é carregado a níveis de serviço, sem atingir à ruptura, permitindo nesse caso que a estrutura possa ser colocada novamente em utilização, caso os resultados sejam aceitáveis.

Desta forma, o teste envolve a análise da resposta da estrutura sob a influência das cargas e interpretação dos resultados. A resposta da estrutura é, via de regra, por intermédio de deformações e deslocamentos. Cánovas (1988) reitera que uma prova de carga se aplica a elementos que se deformam mediante a aplicação de carga, tais como: vigas, lajes e outros elementos fletidos, não sendo recomendada a pilares que trabalham à compressão ou vigas curtas submetidas ao esforço cortante, pelo fato de possível ruptura sem aviso para estes elementos quando carregados.

### Recomendação para um ensaio de prova de carga

Em alguns países, existem regulamentos que estabelecem que certas estruturas de uso público (como pontes, por exemplo) devam ser entregues mediante uma prova de carga. Do mesmo modo, também estabelecem situações específicas onde uma prova de carga deve ser executada obrigatoriamente.

No Brasil, a postura adotada, em relação às estruturas de concreto usuais, é a de que, se estas forem executadas de acordo com o projeto e se os materiais empregados forem aprovados nos ensaios de controle de qualidade, admite-se a aceitação automática da estrutura. Para as obras viárias são empregados os mesmos critérios relativos à qualidade dos materiais, fazendo-se paralelamente uma verificação do projeto estrutural.

De acordo com a norma brasileira NBR 9607 (1986) uma prova de carga é recomendada em casos de eventual alteração das condições de utilização da estrutura, no caso de fases construtivas que acarretem solicitações excepcionais em parte da estrutura, após acidentes ou anomalias observados durante a execução ou utilização de uma estrutura, na falta total ou parcial de elementos de projeto, quando as condições construtivas são desconhecidas ou com a finalidade de estudar o comportamento de estruturas.

### Intensidade da carga de prova

A intensidade do carregamento a ser aplicado durante uma prova de carga é parâmetro muito importante a ser considerado durante o ensaio, pois, uma carga elevada pode causar danos irreparáveis ou até mesmo levar a estrutura ao colapso.

A norma brasileira, NBR 9607 (1986), ao mencionar sobre o valor da carga de teste, propõe um valor numérico, denominado “fator de carregamento”, que tem por finalidade indicar o nível de solicitação a que deve estar submetida uma seção ou ponto da estrutura durante uma prova de carga. O fator de carregamento  $\Psi$  é expresso por:

$$\Psi = \frac{F_e}{F_d} \quad (1)$$

sendo:  $F_e$ , o esforço solicitante teórico devido ao carregamento de prova de carga e  $F_d$  o esforço solicitante teórico devido ao carregamento de projeto.

Também são estabelecidos dois parâmetros pela norma, a “eficiência do carregamento” e o “fator de segurança do ensaio”,  $F_s$ . A eficiência do carregamento é o menor valor obtido para o fator de carregamento e o fator de segurança do ensaio  $F_s$ , é o menor valor obtido para as relações entre os esforços resistentes ( $F_u$ ) e os esforços solicitantes ( $F_e$ ), ocasionados pelo carregamento de prova, e é expresso por:

$$F_s = \frac{F_u}{F_e} \quad (2)$$

sendo  $F_u$  o esforço resistente último teórico da seção.

A tabela 1, mostrada a seguir, apresentada pela NBR 9607 (1986), estabelece o fator eficiência do carregamento em função do tipo e emprego do ensaio de prova de carga.

### Forma de aplicação do carregamento

A fase do carregamento é de extrema importância durante um ensaio de prova de carga estática, visto que a carga deve ser aplicada de maneira contínua e sem vibrações, para que se eliminem os efeitos dinâmicos que podem provocar solicitações indesejáveis. Desta forma, é recomendável o parcelamento da carga.

A NBR 9607 (1986) especifica, inicialmente, que as ações impostas na estrutura podem ser de natureza estática ou dinâmica, e quanto à permanência, podem ser rápidas ou lentas. O número de carregamentos parciais ou de posições de carga sobre a estrutura deve ser em função da natureza do ensaio e do conhecimento da obra. Na realidade, não especifica claramente o número necessário de incrementos de carga a serem aplicados, mas recomenda que no mínimo quatro etapas de aplicação da carga deverão ser controladas antes de ser atingido o carregamento final da prova. A análise, efetuada após cada

incremento de carga é imprescindível para a liberação da estrutura para as etapas posteriores de carga.

Tabela 1- Classificação das provas de carga [NBR: NBR 9607 (1986)].

Ensaio	Eficiência do Carregamento	Emprego
Básicos	$0,5 < X \leq 1,0$	- recepção de estruturas em condições normais de projeto e construção. - estudo do comportamento da estrutura.
Rigorosos	$1,0 < X \leq 1,1$	- dimensões, qualidade e/ou quantidades dos materiais não atendem aos requisitos de projeto. - desconhecimento do projeto e/ou das condições construtivas. - alteração das condições de utilização previstas para a estrutura. - após acidentes ou anomalias observadas durante a execução ou vida útil de uma estrutura
Excepcionais	$X > 1,1^{(A)}$	- passagem de cargas excepcionais. - fases construtivas que acarretem solicitações excepcionais em partes da estrutura.

<sup>(A)</sup> O coeficiente de segurança do ensaio em relação ao estado limite último de estrutura deve ser superior a 1,4, salvo nas condições de levar a estrutura a ruptura, para fins de pesquisa.

Um aspecto salientado pela norma é a análise imediata dos resultados. Essa análise deve ser feita após cada etapa do carregamento, e chama a atenção para as análises dos valores residuais de deslocamentos obtidos após os descarregamentos, pois esses valores podem indicar o comportamento elástico da estrutura.

### Critérios de avaliação do ensaio

Um critério de aceitação, isto é, de comprovação efetiva do comportamento da estrutura sob carga, em geral, é estabelecido em função da concordância entre os valores de deslocamentos medidos e os calculados. Também é efetivado respeitando os limites previamente estabelecidos para as deformações residuais e fissuração.

A norma brasileira NBR 9607 (1986), estabelece que os critérios de aceitação e os cálculos das previsões dos efeitos devem ser feitos com base no projeto. Para tanto, devem ser analisados na memória de cálculo os seguintes aspectos: critérios de projeto, normas utilizadas, materiais especificados, carregamentos de projeto, coeficientes de segurança e relações entre as quantidades de materiais resultantes do dimensionamento e as existentes na estrutura.

Nos casos onde os registros técnicos são insuficientes ou não conhecidos, as investigações sobre a estrutura devem ser desenvolvidas através de inspeções à obra e consultas relativas à época da sua execução, devendo ser avaliados os seguintes aspectos:

(a)- *Características geométricas: execução de plantas "como construído", das formas, vinculações, juntas, etc.;*

(b)- *Utilização prevista originalmente para a estrutura: sua finalidade original ou classe de rodovia ou ferrovia para a qual foi projetada;*

(c)- *Condições de solicitações a que a estrutura já foi submetida: intensidade e frequência das cargas atuantes;*

(d)- *Idade da estrutura;*

(e)- *Normas vigentes por ocasião de sua execução: hipóteses de cálculo, materiais disponíveis, coeficientes de segurança prescritos; e*

(f)- *Análises de obras similares construídas na mesma época.*

### Considerações finais

Tem sido verificado em várias nações, incluindo o Brasil, uma degradação das estruturas de concreto armado, devido ao envelhecimento e/ou por razões associadas à mudança de uso inicialmente previsto. Mas percebe-se também que

muitas dessas estruturas podem ser reutilizadas mediante uma avaliação estrutural.

Um ensaio de prova de carga é o teste mais indicado quando existem dúvidas sobre o comportamento estrutural, além de mais eficiente no caso da estrutura ter sido acometida de um sinistro ou ser posta em um outro uso para o qual não foi projetada. Este ensaio permite analisar o comportamento da estrutura em serviço e também estimar ações futuras a serem tomadas em eventuais medidas de reparo.

Além de ser um importante método de avaliação de uma estrutura, uma prova de carga não se limita aos resultados obtidos durante os ensaios, mas também constituem uma importante fonte de conhecimentos para o desenvolvimento das técnicas de cálculo de estruturas, bem como para propostas de normalização.

Embora constituam uma grande ferramenta para avaliação experimental das estruturas, um ensaio para ser eficiente e seguro, deve ser executado dentro de padrões e especificações normativas.

Desta forma, tentando prestar grande serviço à comunidade técnico/científica da área, este trabalho apresentou os principais procedimentos de aplicação e avaliação dos resultados do ensaio conhecido como “prova de carga”. Acredita-se que, desta maneira, os profissionais da área possam, ao menos, avaliar resultados de uma prova de carga tendo como base os vários procedimentos aqui apresentados.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). NBR 9607 - Concreto endurecido – prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido. Rio de Janeiro, 1986.
- CÁNOVAS, M.F. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo, 1988.
- CASADEI, P., PARRETITI, R., NANI, A., HEINZE, T. In-situ load testing of parking garage rc slabs: comparison between 24-hour and cyclic load testing. University of Missouri – Rolla, Missouri. 2003. Disponível em: <http://campus.UMR.edu/rb2c/publications/journal/2004/casa3.pdf>. Acesso em: 20 de ago. 2004.
- MINISTERIO DE FOMENTO ESPAÑOL. (EHE) – Instrucción de Hormigón Estructural. Madrid, 1998.