



ANÁLISE DO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO DE DEFORMAÇÃO EM VIGAS DE UM PÓRTICO DE CONCRETO ARMADO

Analysis of the limited state of deformation service on beams of an armed concrete porch

HUPPES, Fábio¹; BALZ, Andréia², ZALTRON, Rafael³

Resumo: Os elementos estruturais de concreto armado estão progressivamente mais esbeltos, o que ocasiona maiores problemas no dimensionamento das edificações. Com isso deve-se aplicar uma análise estrutural rigorosa, a qual, um dos intuitos é evitar deslocamentos verticais excessivos, ou se seja, as flechas. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo verificar uma estrutura de concreto armado por meio de um software de análise estrutural de uso comercial, analisando os valores das flechas totais à medida que modifica-se o F_{ck} (resistência característica à compressão do concreto), as seções transversais para as vigas e as vinculações entre viga-pilar e laje-viga. Conforme os resultados obtidos percebeu-se que todos esses fatores têm influência nos deslocamentos, sendo que quanto maior o F_{ck} e a seção transversal, menor será as flechas das vigas. Ao adotar vinculações rotuladas entre vigas e pilares, dependendo da ocasião tem-se menores deslocamentos se comparado com ligações rígidas, pois uma menor taxa de armadura negativa pode influenciar significativamente no resultado final.

Palavras-chave: Deslocamento. Seção transversal. Vigas. Vinculações.

Abstract: The structural elements of reinforced concrete are progressively more slender, which causes greater problems in the sizing of the buildings. Thus, a rigorous structural analysis must be applied, one of which is to avoid excessive vertical displacements, or if it is the arrows. Therefore, the objective of this work is to verify a reinforced concrete structure using a structural analysis software for commercial use, analyzing the values of the total arrows as the F_{ck} (characteristic resistance to concrete compression) is modified, the cross sections for the beams and the linkages between beam-pillar and beam-slab. According to the results obtained it was noticed that all these factors have influence in the displacements, being that the bigger the F_{ck} and the cross section, the smaller the beams' arrows. When adopting labeled bonds between beams and columns, depending on the occasion, we have smaller displacements compared to rigid bonds, since a lower negative armor rate can significantly influence the final result.

Keywords: Displacement. Transversal section. Beams. Bindings.

¹ Estudante de Engenharia Civil, Unijuí, Grupo de Estudos do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unijuí - Santa Rosa. E-mail: fabio_huppes@hotmail.com

² Estudante de Engenharia Civil, Unijuí, Grupo de Estudos do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unijuí - Santa Rosa. E-mail: bzandrea@yahoo.com.br

³ Professor Me. de Engenharia Civil, Unijuí, Grupo de Estudos do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unijuí - Santa Rosa. E-mail: rafael.zaltron@unijui.edu.br



INTRODUÇÃO

Quando uma estrutura está submetida a forças, seus componentes irão sofrer deformações e deslocamentos. Atualmente as estruturas de concreto armado estão mais esbeltas, dessa forma gerando deslocamentos excessivos, assim torna-se imprescindível a avaliação das estruturas em serviços (BARBOSA, 2010). Em uma análise estrutural é preciso estabelecer limites de flechas em uma viga, a maioria das normas de projetos de engenharia específica esses limites de tolerâncias estético (HIBBELER, 2006).

O Estado Limite de Serviço (ELS) está relacionado com a comodidade do usuário, durabilidade, aspecto e uso de uma estrutura NBR 6118, ABNT (2014), exemplifica-se essas situações pelo fato de ocorrer em uma viga uma flecha excessiva visíveis que tendem a ocasionar sensações desconfortáveis (KIMURA, 2007).

Segundo a NBR 6118 (ABNT 2014) no ELS não há necessidade de coeficiente de minoração e tanto o aço quanto o concreto podem ser considerados materiais de comportamento elástico e linear, assim as deformações específicas podem ser determinadas no estágio I, sem que seja atingido o início da fissuração. Um dos estados limites mencionados pela NBR 6118, ABNT (2014) é o estado-limite de deformações excessivas (ELS-DEF), cujos limites de deslocamentos para vigas é $l/250$, ou seja, o vão da viga dividido por 250.

Em vigas de concreto armado as flechas finais são oriundas da soma das seguintes flechas: flecha imediata para ações de longa duração, flecha total para ações de longa duração e flecha imediata para ações de curta duração (CAMACHO, 2005).

Segundo Barbosa (2010), são vários fatores que contribuem sobre a ordem de grandeza dos deslocamentos, entre eles: as propriedades geométricas da sua seção transversal, taxas de armadura de tração e de compressão, propriedades dos materiais utilizados. Uma propriedade do concreto que influencia diretamente no cálculo de deslocamentos é a resistência à compressão característica do concreto (F_{ck}) que remete-se a rigidez da estrutura. (BARBOSA, 2010).

As dimensões que compõem as peças da estrutura afetam diretamente os deslocamentos, pois, quanto maior a altura útil de um elemento submetido a flexão, maior será sua inércia, desta forma maior a dificuldade de deformação. Já o aumento do F_{ck} causará um acréscimo ao módulo de elasticidade, fazendo com que a peça resista mais às deformações imediatas e diferidas no tempo (KOMARCHEUSKI, SILVA, 2014).



Outro ponto importante na análise das flechas é as vinculações de apoio das vigas, que segundo Longo (2018), quanto mais flexível for a ligação entre uma viga e o seu pilar de apoio, maior será a rotação que a sua extremidade sofre. Além disso, à medida que se flexibiliza uma estrutura aplicando nós semi-rígidos ou rótulas, a estrutura tende a apresentar maiores deformações.

Nesse sentido o objetivo deste trabalho é analisar um pórtico de concreto armado, verificando as deformações em duas viga à medida que se altera a resistência à compressão característica do concreto, a seção transversal da viga em análise, as vinculações de apoio das vigas com os pilares e as vinculações das lajes nas vigas.

METODOLOGIA

Por meio de um software de análise estrutural de uso comercial, analisou-se um pórtico de concreto armado, que possui vãos de 430 cm por 364 cm, e pé esquerdo de 280 cm.

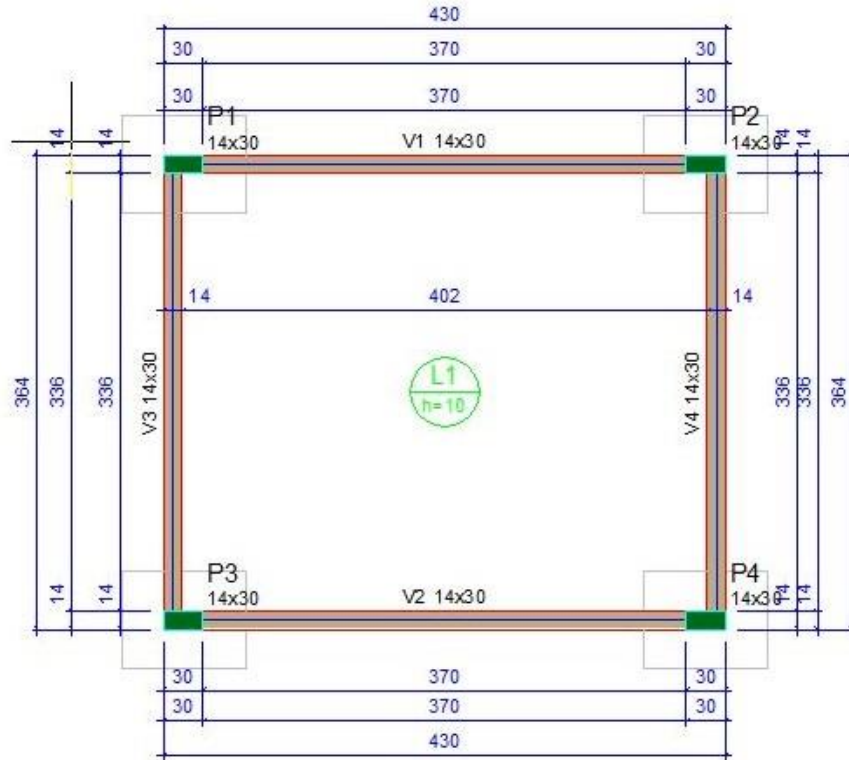
Para o cálculo foi considerado a classe de agressividade II e o diâmetro do agregado de 19 mm. Utilizou-se os Fck's de 25, 30 e 35 modificando-os no pórtico, para as vigas adotou-se seções transversais de: 14x30, 14x35 e 14x40 cm, e para os pilares adotou-se uma seção de 14x30 cm, a laje adotada é uma laje maciça de 10 cm de espessura. A partir desses dados analisou-se a influência da variação do Fck, da seção transversal das vigas e das vinculações entre viga e pilar e laje com viga, para obtenção das flechas totais nas vigas.

Os carregamentos utilizados foram de 250 kgf/m² atribuídos as lajes e 455 kgf/m distribuídos nas vigas além do peso próprio de cada elemento estrutural.

Na figura 1 está exemplificada uma planta de forma da estrutura em análise, constando a identificação apenas de uma seção de vigas. Salienta-se que as vigas V1 e V2 são iguais e as vigas V3 e V4 também são iguais.



Figura 1 - Planta de forma



Fonte: Autoria Própria, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise da estrutura realizou-se primeiramente o processamento da mesma no software de modelagem e análise de estruturas de concreto armado. Os resultados obtidos estão representados nos Quadros 1, 2, 3 e 4.

Quadro 1 - Vigas e Lajes Engastadas

Vigas e laje Engastadas (flechas totais em cm)						
fck	SESÃO 14x30		SESÃO 14x35		SESÃO 14x40	
	V2	V4	V2	V4	V2	V4
25	-0.5	-0.52	-0.37	-0.38	-0.25	-0.22
30	-0.39	-0.46	-0.27	-0.28	-0.22	-0.19
35	-0.3	-0.36	-0.25	-0.22	-0.2	-0.17

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Quadro 2 - Vigas Rotuladas e Lajes Engastadas

Vigas Rotuladas e laje engastada (flechas totais em cm)						
fck	SESÃO 14x30		SESÃO 14x35		SESÃO 14x40	
	V2	V4	V2	V4	V2	V4
25	-1.46	-0.66	-1.01	-0.43	-0.65	-0.25
30	-1.34	-0.51	-0.82	-0.31	-0.47	-0.22
35	-1.1	-0.4	-0.66	-0.27	-0.35	-0.2

Fonte: Autoria Própria, 2018.



Quadro 3 - Vigas Engastadas e Lajes Rotulada

Vigas engastadas e laje rotulada (flechas totais em cm)						
fck	SESÃO 14x30		SESÃO 14x35		SESÃO 14x40	
	V2	V4	V2	V4	V2	V4
25	-0.56	-0.56	-0.41	-0.39	-0.28	-0.23
30	-0.47	-0.49	-0.32	-0.31	-0.24	-0.19
35	-0.35	-0.42	-0.27	-0.23	-0.22	-0.18

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Quadro 4 - Vigas e Lajes Rotuladas

Vigas e laje rotuladas (flechas totais em cm)						
fck	SESÃO 14x30		SESÃO 14x35		SESÃO 14x40	
	V2	V4	V2	V4	V2	V4
25	-2.09	-1.35	-1.35	-0.73	-0.9	-0.36
30	-1.84	-1.1	-1.2	-0.54	-0.69	-0.26
35	-1.6	-0.88	-0.97	-0.41	-0.53	-0.21

Fonte: Autoria Própria, 2018.

De acordo com os resultados obtidos, percebe-se que em todas as situações, a flecha diminui com o aumento da altura da sessão. Esse fator deve-se ao aumento do momento de inércia da peça, que dificulta o deslocamento.

Outro ponto relevante é que conforme aumentou-se o valor do Fck do concreto à flecha reduziu, isso pode ser observado em todas as análises. Por mais que esse atenuamento da flecha seja numericamente baixo, é de grande valia seu conhecimento. Esse fator resulta do acréscimo no módulo de elasticidade, que quanto maior seu valor menor será a flecha imediata e também a diferida ao longo do tempo.

Em todas as vigas de vinculações rotuladas a flecha foi maior que nas vigas engastadas, devido a flexibilização da estrutura. Comparando os resultados, nota-se que rotulando-se as vigas com os pilar há uma acréscimo significativo na flecha em ambos os vãos. Nas vigas rotuladas independente se a laje for engastada ou não, as flechas são maiores nos trechos de maior comprimento. Sendo que na situação mais crítica (todos os elementos rotulados) as flechas são maiores.

Conforme o Quadro 1 as flechas totais foram menores nos maiores vãos, pois na Viga 2 obteve-se uma maior taxa de armadura negativa além do comprimento de ancoragem (viga-pilar) ser maior se comparado com a Viga 4, contribuindo significativamente na redução das flechas.



Quanto aos deslocamentos máximos permitidos pela NBR 6118, ABNT (2014) apenas a Viga V2 (14x30) na condição de vigas e lajes rotuladas ultrapassaram o limite de $l/250$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todos os resultados obtidos, percebe-se que o caso crítico é ter vigas e lajes rotuladas, no entanto não impede que essa condição possa ser utilizada, desde que se respeite os limites de deformação preconizados pela NBR 6118 (ABNT, 2014), no entanto a utilização de laje engastada pode influenciar em uma maior consumo de aço e concreto nas vigas, pois tem-se transferência de momento torsor para as vigas.

No geral quanto maior o vão, maior a flecha e quanto maior a altura da seção da viga e F_{ck} , menores as flechas.

Pode-se pontuar, ainda, que o comprimento de ancoragem pode influenciar no resultado final diminuindo as flechas.

Em suma, cabe ao engenheiro civil determinar qual a melhor vinculação, f_{ck} , seção transversal da viga, para cada projeto, visando o melhor custo e segurança.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro. 2014.

KIMURA, A. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 2007. 632 p.

Camacho, F, S. **Concreto Armado: Estados Limites de Utilização, 2005**. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepac/estados-limites-de-servico.pdf>>. Acesso em: 22 agosto 2018.

BARBOSA, M. D. A. **Análise de Flechas em Vigas de Concreto Armado**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.



HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 5ª Edição. ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2006.

KOMARCHEUSKI, J. S.; SILVA, M. O. N. **Análise dos Estados Limites de Serviço em Estruturas de Concreto Armado Utilizando Parâmetros Obtidos em Obra**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

LONGO, L. F. **Comparativo entre Vinculações de Vigas**. Disponível em: <<https://suporte.aetoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001285093-Comparativo-entrevincula%C3%A7%C3%B5es-de-vigas>>. Acesso em: 24 de ago de 2018.