

ANÁLISE DE DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE FLEXÃO

ARTUR MARQUES SILVA¹, GUILHERME HENRIQUE DOS SANTOS RAMOS², GABRIEL HENRIQUE CARVALHO REZENDE³

¹Mestrando em Engenharia de Estruturas, UFU, Uberlândia - MG, artur.silva@ufu.br;

²Engenheiro Civil, UNIFASC, Itumbiara - GO, guilhermeramos.eng@gmail.com;

³Mestrando em Infraestrutura Urbana de Transportes, UFU, Uberlândia - MG, carvalhorezende96@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Esta pesquisa tem por finalidade analisar o desempenho estrutural de vigas de concreto armado, com ênfase na análise de comportamento de esforços de flexão, tangentes à submissão de carregamentos lineares. Neste contexto, o objeto definido como *corpus* central de estudo, foi a análise de uma viga de concreto armado localizada em uma garagem de uma residência unifamiliar na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. A metodologia adotada trata-se de análises numéricas utilizando o software ABAQUS, onde o mesmo atua a partir de procedimentos numéricos para a análise de elementos finitos, conhecidos como Métodos de Elementos Finitos (MEF). Para atingir aspectos de segurança em termos de projeto, foram realizadas modelagens numéricas apresentando variações nas seções das vigas com a finalidade de resistir a maiores vãos. Os resultados apresentaram um aumento de resistência ao deslocamento vertical nas peças devida às variações realizadas na geometria das vigas, assim, comprovando que a ampliação na inércia da peça foi o principal fator responsável para obter uma maior resistência à flexão.

PALAVRAS-CHAVE: Vigas, Flexão, Concreto armado.

SIZING ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS SUBMITTED TO BENDING EFFORTS

ABSTRACT: This research aims to analyze the structural performance of reinforced concrete beams, with emphasis on the analysis of the behavior of bending forces, tangent to the submission of linear loads. In this context, the object defined as the central corpus of study was the analysis of a reinforced concrete beam located in a garage of a single-family residence in the city of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. The adopted methodology is numerical analysis using the ABAQUS software, where it acts from numerical procedures for finite element analysis, known as Finite Element Methods (FEM). To achieve safety aspects in terms of design, numerical modeling was carried out showing variations in the beam sections in order to resist larger spans. The results showed an increase in the resistance to vertical displacement in the pieces due to the variations carried out in the geometry of the beams, thus proving that the increase in the inertia of the piece was the main factor responsible for obtaining greater resistance to bending.

KEYWORDS: Beams, Bending, Reinforced Concrete.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento significativo no mercado da construção civil para a realização de obras industriais, comerciais e residenciais nos centros urbanos a comunidade científica, cada vez mais, tem desenvolvido estudos objetivando construir ou produzir melhorias no comportamento estrutural das obras visando obter melhores resultados em termos de qualidade, segurança e durabilidade.

A maioria das obras realizadas no Brasil é constituída por estruturas de concreto armado, onde ocorre a junção entre o concreto e o aço. Essa associação possui como princípio básico o desenvolvimento de resistência à tração, fornecida pelo aço, juntamente à resistência do concreto de suportar esforços de compressão. Portanto, a introdução do aço neste tipo de estrutura ocorre pelo fato do concreto apresentar baixo teor de resistência à tração.

Segundo Rosales et al. (2016) a aderência entre os materiais é uma das características fundamentais do funcionamento do concreto armado como material estrutural a partir da transmissão de esforços do concreto para o aço, isto ocorre porque o aço apresenta grande teor de rugosidade possibilitando uma maior aderência à composição. Dentro deste contexto França (2004), destaca que a resistência mecânica é um dos fatores que influencia de maneira significativa no desempenho estrutural. De modo geral, quanto maior a resistência mecânica, maiores serão os esforços que a peça poderá resistir na interface desta composição.

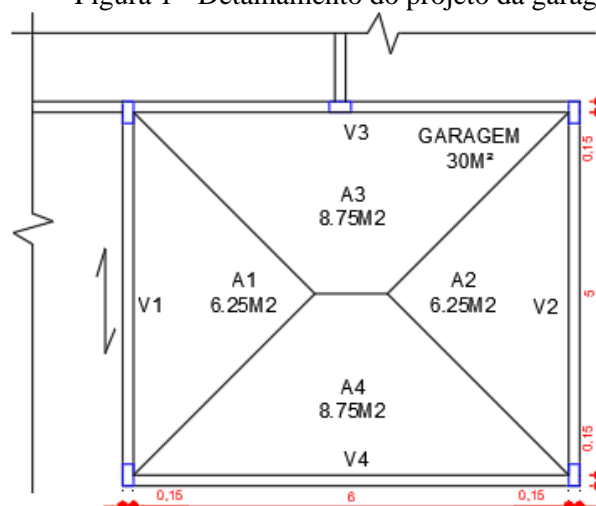
Dentro de uma análise estrutural se destacam as vigas, que por definição trata-se de elementos estruturais atuando como apoio para lajes e paredes, assim, transmitindo os carregamentos até os pilares. Segundo ABNT NBR 6118:2014, as vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante, possuindo comprimento longitudinal pelo menos três vezes maior do que a seção transversal. Para a obtenção de resultados neste tipo de elemento estrutural devem ser feitos estudos lineares para comprovação da melhor distribuição de forças. Dito isto, a análise linear, dentre as análises estruturais que se tem conhecimento, é a mais difundida quando se trata de dimensionamento de estruturas de concreto armado (Silva, et al. 2018 p.1). Assim, deve ser considerado em avaliações locais para cálculos de deslocamentos e em eventuais fissurações.

No âmbito da Engenharia de Estruturas, o Método dos Elementos Finitos (MEF) tem como objetivo a determinação do estado de tensão e de deformação de um sólido de geometria arbitrária sujeito a ações exteriores (Azevedo, 2003 p.1). De acordo com Soriano (2003), neste método o domínio de definição do modelo matemático é desmembrado em um número discreto de subdomínios ou elementos de dimensões finitas, interligados por meio de um número reduzido de pontos denominados nodais. Considerando a importância das vigas na distribuição de cargas no conjunto estrutural, faz-se necessária a análise dessas peças submetidas a esforços de flexão, para avaliar os pontos críticos apresentados na estrutura da viga para aplicação em projeto. Portanto, esse trabalho trata-se de uma modelagem numérica com base no Método de Elementos Finitos, utilizando o software ABAQUS.

MATERIAL E MÉTODOS

O material escolhido para estudo trata-se de vigas de concreto armado submetidas a esforços de flexão, com ênfase em avaliar a flecha máxima ocasionada devido a estes carregamentos. O processo de ruptura de um elemento estrutural pode ser avaliado utilizando ferramentas computacionais que apresentam os pontos críticos das peças, auxiliando na escolha de profissionais que atuam neste seguimento. Para a realização das análises foi delimitada uma viga que faz parte da composição estrutural de uma garagem em uma residência unifamiliar localizada na cidade de Uberlândia-Mg (Figura 1). De acordo com a composição estrutural, a viga foi dimensionada para resistir a esforços ocasionados por platibanda, laje, telhado e sobrecarga, além disso, acrescenta-se também o peso próprio da viga conforme a sua composição.

Figura 1 - Detalhamento do projeto da garagem.



$$\text{Platibanda: } V \times H = 1,4 \times 1,00 = 1,40 \text{Kn/m} \quad (1)$$

$$\text{PP(laje): } \frac{V \times A}{C} = \frac{1,41 \times 8,75}{6} = 2,06 \text{Kn/m} \quad (2)$$

$$\text{PP(telhado): } \frac{V \times A}{C} = \frac{0,4 \times 8,75}{6} = 0,58 \text{Kn/m} \quad (3)$$

$$\text{Sobrecarga: } \frac{V \times A}{C} = \frac{2 \times 8,75}{6} = 2,92 \text{Kn/m} \quad (4)$$

$$\Sigma = 1,4 + 2,06 + 0,58 + 2,92 = 6,96 \text{Kn/m ou } 696 \text{Kgf/m} \quad (5)$$

$$\text{PP(viga } h=40\text{cm): } V \times B \times H = 25 \times 0,15 \times 0,40 = 1,50 \text{Kn/m} \quad (6)$$

$$\text{PP(viga } h=60\text{cm): } V \times B \times H = 25 \times 0,15 \times 0,60 = 2,25 \text{Kn/m} \quad (7)$$

$$\Sigma_{\text{total}} (h=40\text{cm}) = 1,50 + 6,96 = 8,46 \text{Kn/m ou } 846 \text{Kgf/m} \quad (8)$$

$$\Sigma_{\text{total}} (h=60\text{cm}) = 2,25 + 6,96 = 9,21 \text{Kn/m ou } 921 \text{Kgf/m} \quad (9)$$

O dimensionamento das vigas de concreto armado seguiu os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014. As Tabelas (1) e (2) apresentam detalhes dos cálculos utilizados para o dimensionamento dos modelos usados para o comparativo. A viga utilizada para análise foi a V4, tratando-se de uma viga bi apoiada, onde foram realizadas alterações nas dimensões da peça para a realização das modelagens. A (Figura 2) mostra de forma detalhada a armadura utilizada posteriormente à realização do dimensionamento das vigas.

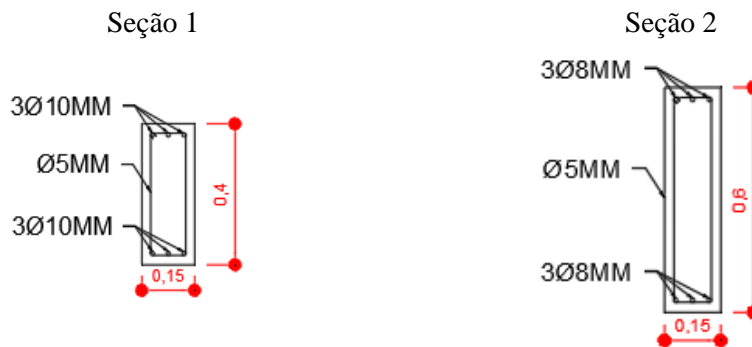
Tabela 1 – Planilha de cálculo utilizado para seção 1.

Seção da viga		PLANILHA DE CALCULO DE VIGAS COM CARGA DISTRIBUIDA						Á. de Aço (cm ²)										
h (cm)	40							3,601										
b (cm)	15							BITOLA		QTD								
Comp. (m)	6							12,5		4								
Cob. (cm)	3							OU										
Fck (Mpa)	25							BITOLA		QTD								
P.P (kgf/m)	150							10		6								
q (kgf/m)	696							BITOLA		QTD/M		ESPAÇ. (cm)						
Q. Total (kg/m)	846							5		9		12						
Ra (kg)	2538													Vol. concreto		0,36		
Rb (kg)	2538													Peso (kg)		900		
FORMULÁRIO		Δ	Posição (x)	Carga	Cortante (V)	Momento (M)	Vmax (kgf)	Mmax (kgf.m)	0,13		5,94		0,13		Comp. Total		6,21	
Cortante=	Ra-Q.x	0	0	846	2538	0	2538	3807,00										
Momento=	Ra.x-(Q.x ²)/2	0,1	0,6	846	2030,4	1371												
Kc	(bw*d ²)/Msd	0,2	1,2	846	1522,8	2436												
Ks		0,3	1,8	846	1015,2	3198												
As	(Ks*Msd)/As*d	0,4	2,4	846	507,6	3655												
		0,5	3	846	0	3807												
		0,6	3,6	846	507,6	3655												
		0,7	4,2	846	1015,2	3198												
		0,8	4,8	846	1522,8	2436												
		0,9	5,4	846	2030,4	1371												
		1	6	846	-2538	0												
								Estribo (m)		0,09				Comp. Total		0,96		
										0,34								

Tabela 2 – Planilha de cálculo utilizado para seção 2.

Seção da viga		PLANILHA DE CALCULO DE VIGAS COM CARGA DISTRIBUIDA						Á. de Aço (cm ²)									
h (cm)	60							2,545									
b (cm)	15							BITOLA		QTD							
Comp. (m)	6							10		5							
Cob. (cm)	3							OU									
Fck (Mpa)	25							BITOLA		QTD							
P.P (kgf/m)	225							8		6							
q (kgf/m)	696							BITOLA		QTD/M		ESPAÇ. (cm)					
Q. Total (kg/m)	921							5		7		16					
Ra (kg)	2763													Vol. concreto		0,54	
Rb (kg)	2763													Peso (kg)		1350	
FORMULÁRIO		=8,40		0,20		5,94		0,20		Comp. Total		6,34					
Cortante=	Ra-Q.x	Δ	Posição (x)	Carga	Cortante (V)	Momento (M)	Vmax (kgf)	Mmax (kgf.m)	Estribo (m)		0,09		Comp. Total		1,36		
Momento=	Ra.x-(Q.x ²)/2	0	0	921	2763	0	2763	4144,50	0,54								
Kc	(bw*d ²)/Msd	0,1	0,6	921	2210,4	1492											
Ks		0,2	1,2	921	1657,8	2652											
As	(Ks*Msd)/As*d	0,3	1,8	921	1105,2	3481											
		0,4	2,4	921	552,6	3979											
		0,5	3	921	0	4145											
		0,6	3,6	921	552,6	3979											
		0,7	4,2	921	1105,2	3481											
		0,8	4,8	921	1657,8	2652											
		0,9	5,4	921	2210,4	1492											
		1	6	921	-2763	0											

Figura 2 - Detalhes da armadura utilizada no dimensionamento das seções.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme as análises computacionais realizadas, foram obtidos resultados que apresentaram pontos críticos no centro da estrutura da viga. Apresentando comportamentos que evidenciam um processo de flexão acentuada. Esta ação pode ocasionar deformação e posteriormente uma ruptura da peça. A (Figura 3) representa o processo de deslocamento ocasionado na seção 1, de forma a expor os pontos com maior recebimento de cargas, mostrando grande deslocamento vertical da viga. Já a (Figura 4) mostra a seção 2 apresentando menor deslocamento se comparado com o primeiro elemento.

Figura 3 – Resultado de deslocamento vertical da seção 1.

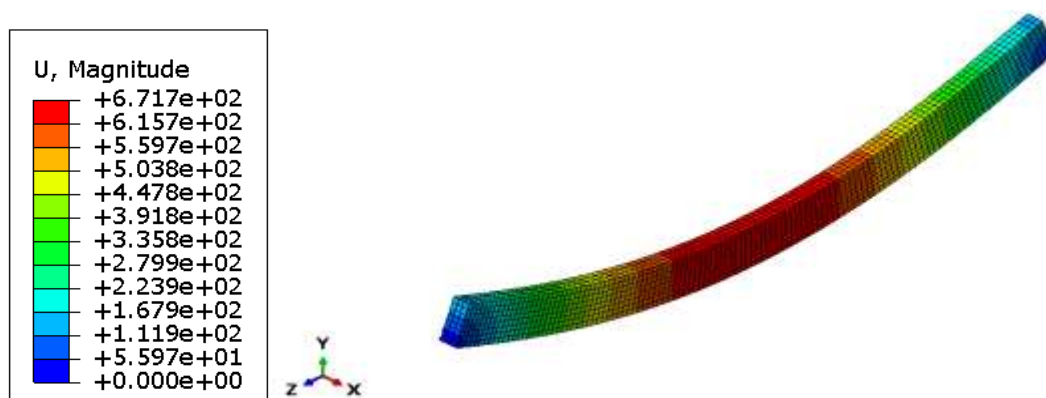
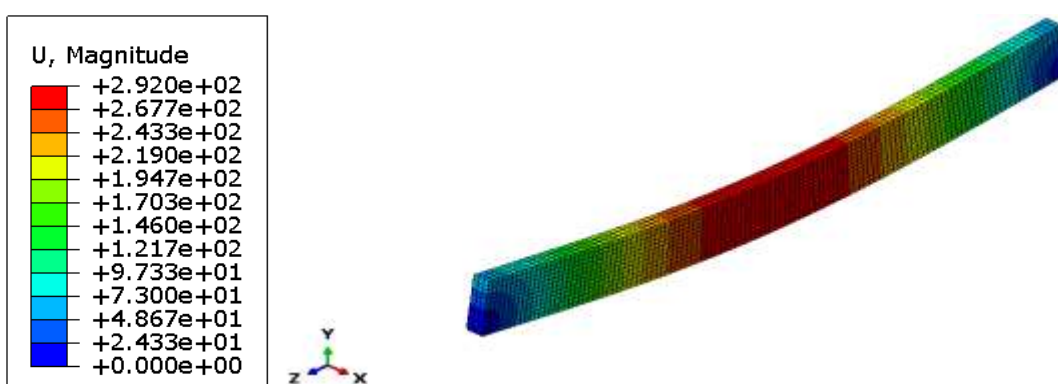


Figura 4 – Resultado de deslocamento vertical da seção 2.



CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos, constata-se um aumento de resistência à flexão devido às variações nas características geométricas da peça. Assim, o aumento da inércia utilizada na seção 2 à capacidade da viga apresenta maior funcionalidade atrelada à resistência, proporcionando menor deslocamento vertical. Por fim, a análise da seção 1 apresentou deslocamento mais acentuado, o que pode gerar possíveis fissurações e posteriormente, o colapso deste elemento estrutural. Ao analisar e correlacionar os resultados destas duas seções, comprova-se a maior resistência da seção 2, sendo uma técnica que pode ser utilizada para profissionais que atuam neste seguimento, como uma opção de aumentar a ductilidade da peça utilizando elementos esbeltos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- AZEVEDO, A. F. M. Método dos elementos finitos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2003.
- França, V. H. Aderência Aço-Concreto – Uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2004.
- Silva, Y. H.; Agustini M.; Gelatti, F. Análise dos métodos de dimensionamento de vigas de concreto armado da nbr 6118:2014 utilizando mef. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2018, Maceió, Anais... Maceió, 2018.
- Soriano, H. L. Método de elementos finitos em análise de estruturas. São Paulo: EdUSP - Editora da Universidade de São Paulo, 2003.
- Rosales, Y. M.; Durand, R. D.; Bezerra, L. M. Análise Numérica - Experimental do comportamento da aderência aço - Concreto. In: IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. IXCBPE 2016, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2016.