

## **ANÁLISE COMPARATIVA DE VIGAS BIAPOIADAS: CÁLCULO ESTRUTURAL MANUAL X SOFTWARE EBERICK**

Natalia Sanders Pereira<sup>1</sup>, Rafael Morais Dal Fior<sup>1</sup>, Lucas Fernandes da Silva  
Goltara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmicos de Engenharia Civil - Multivix São Mateus (ES)

<sup>2</sup>Especialista/Docente/Engenheiro Civil – Multivix São Mateus (ES)

### **RESUMO**

O cálculo estrutural é uma das etapas mais importantes na elaboração de um projeto, pois por meio dele será possível definir dimensões e quantidade de ferragens necessárias para toda a estrutura de uma edificação, podendo então evitar danos futuros desagradáveis. Este trabalho tem como objetivo geral analisar o cálculo estrutural por meio do método manual e pelo método computacional com auxílio do Software Eberick, de três vigas de uma residência unifamiliar com área total de 84,20 m<sup>2</sup>, com foco em comparar a área de aço ( $A_s$ ) da armadura positiva destas vigas, e analisar se há grandes diferenças entre eles. A norma adotada para o dimensionamento estrutural foi a NBR 6118:2014. A análise foi realizada com o pré-dimensionamento estrutural e realizado o processamento dos dados tanto no método manual quanto no computacional com a mesma pré-disposição estrutural e dados de entrada como o peso específico do concreto, tipo de aço, cobrimento mínimo e cargas acidentais e de revestimentos iguais, para que tais dados não influenciasse de forma significativa na análise. Os resultados alcançados se assemelharam, apesar de ter apresentado pequenas diferenças na área de aço, ambos os métodos atenderam a solicitação da estrutura, podendo destacar o método computacional que é mais prático e fornece mais ferramentas de análise com mais facilidade.

Palavras-Chave: software Eberick; cálculo estrutural; manual; vigas.

## ABSTRACT

Structural calculation is one of the most important steps in the preparation of a project, since it allows defining the dimensions and quantity of hardware required for the entire structure of a building, thus avoiding unpleasant future damage. The main objective of this work is to analyze the structural calculation using the manual method and the computational method with the aid of Eberick software, of 3 beams of a single-family residence with a total area of 84.20 m<sup>2</sup>, focusing on comparing the steel area (As) of the positive reinforcement of these beams, and analyzing whether there are major differences between them. The standard adopted for structural dimensioning was NBR 6118:2014. The analysis was performed with structural pre-dimensioning and data processing was performed both manually and computational with the same structural pre-disposition and input data such as specific weight of concrete, type of steel, minimum cover and accidental loads and equal coatings, so that such data would not significantly influence the analysis. The results achieved were similar, despite having presented small differences in the steel area, both methods met the structure's request, highlighting the computational method that is more practical and provides more analysis tools more easily.

Keywords: Eberick; structural calculation; manual; beams.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao avanço dos meios tecnológicos, e aumento significativo de softwares com várias funções, e rapidez no processamento de dados, todas as áreas vem buscando se adaptar a essa atualidade. A engenharia não ficou para trás, se adequou e já há disponível no mercado softwares capazes de realizar cálculo estrutural de forma rápida e ágil (Souza; Silva Júnior, 2020).

Com o passar dos anos a análise estrutural vem se desenvolvendo a cada dia, buscando sempre novos e melhores métodos para auxiliar neste desenvolvimento. O projeto estrutural, que é fundamental para a segurança e definição de quantidade de materiais estruturais a serem utilizados, vem se tornando indispensável nas obras, pois determina cargas que possam ocorrer na estrutura e podendo assim evitar situações desagradáveis com soluções adequadas (McCormac, 2019).

A utilização de softwares computacionais, mostra-se um importante instrumento para facilitar engenheiros civis com a tarefa do cálculo estrutural. Novos softwares surgem no mercado com frequência, o que destaca um vasto leque no mercado, estes programas fornecem o detalhamento da estrutura, a sua modelagem e diversas informações para a análise estrutural (Souza; Vargas, 2014).

Como as construções de edifícios altos e esbeltos está cada vez mais frequentes em várias partes do Brasil, o cálculo estrutural dessas edificações exige bastante atenção, se tornando um grande desafio para os engenheiros calculistas. Os softwares vieram para facilitar o cálculo estrutural, tornando viável a elaboração de grandes projetos estruturais em um período acessível (Oliveira, 2009).

De acordo com as informações apresentadas, o presente artigo por objetivo analisar o dimensionamento estrutural de três vigas bi apoiadas submetidas a flexão e esforços cortantes, para a obtenção da área de aço necessária nestes elementos estruturais. Para isso, foi realizado atividade com auxílio do cálculo manual e por meio do software computacional Eberick 2021, com a proposição em desenvolver essa pesquisa para analisar a diferença nos resultados do software e do cálculo manual.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 VIGAS: CONCEITOS INICIAIS**

As estruturas denominadas vigas são definidas pela NBR 6118 (ABNT, 2014. p. 74) como sendo os “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Elas são retas, dispostas na posição horizontal e recebem esforços de outras vigas, lajes e em alguns casos, de pilares. A finalidade principal das vigas é vencer vãos e propagar os esforços até os pilares, que podem ocorrer de forma concentrada ou distribuída (Bastos, 2006).

As vigas podem ser também sistemas estruturais que sofrem reações perpendiculares ao eixo longitudinal, e são suscetíveis aos esforços de flexão pela distância do local de carregamento até o apoio, e o esforço de cisalhamento que ocorre pelo corte da seção transversal ocasionada pelos carregamentos (Parizotto, 2017).

Vale ressaltar que a NBR 6118 (ABNT, 2014), nos explica que todos os elementos estruturais devem ter valores limites relacionados as dimensões para poder executar suas funções com segurança, por exemplo, a parte transversal das vigas devem ter largura mínima de 12 centímetros e as vigas paredes com limite mínimo de 15 centímetros. Somente em alguns casos atípicos, utiliza a largura mínima necessária como 10 centímetros, devendo respeitar o espaçamento e cobrimento da armadura, lançamento e a vibração do concreto como orientado na norma.

Para o assertivo dimensionamento das vigas de um projeto é de suma importância a determinação e o conhecimento da linha neutra e dos estádios de deformação, presentes nesses elementos estruturais. Assim como a definição de agentes patológicos que podem influenciar atuando com agente retardador da vida útil das vigas e conseqüentemente da estrutura como um todo, como a fissuração e a corrosão que atinge o concreto armado.

### 2.1.1 LINHA NEUTRA E ESTÁDIOS DE DEFORMAÇÃO

A determinação da linha neutra é primordial para o cálculo de peças de concreto armado, mais precisamente em vigas e lajes. De acordo com a hipótese de Bernoulli, quando temos uma segmentação caracterizada como plana de uma peça, quando se aplica a flexão ocasionando a deformação da peça, está tende-se a girar ao redor de uma linha e mante-se plana. Como ponto de influência no elemento estrutural viga, a atuação da linha neutra é primordial para o seu dimensionamento pois destaca o local de transição entre a compressão e a tração atuante no elemento. Além de marcar os pontos de compressão e tração das vigas, onde tende a ocorrer um alongamento das fibras constatando-se a tração, e em contrapartida no oposto tende a ocorrer o encurtamento das fibras notabilizando a compressão. A localização da linha neutra influi também de forma direta na determinação dos estádios de deformação (Pilotto Neto, 2018).

Os estádios de deformação são conhecidos também como estágios de tensões internas, que são as fases em que uma viga de concreto armado sofre quando é sujeitada a esforços de tração. No momento em que a viga recebe essa força crescente aos poucos, ela passa por três estágios, sendo o primeiro dividido em dois, até a sua ruptura total. A primeira etapa do estágio I dá se quando o

carregamento está no início, e os materiais ainda estão no regime elástico, em outras palavras, o concreto ainda não foi fissurado. A segunda etapa deste estágio é denominada de estado limite de fissuração da viga, o concreto ainda não foi fissurado, mas atingiu o seu limite de resistência (Parizotto, 2017).

O estágio II também conhecido como estado limite de abertura das fissuras, são formadas fissuras na parte tracionada do concreto e a armadura absorve os esforços internos. A linha neutra é deslocada para uma parte mais alta que a sua posição inicial pois ocorre alongamentos mais extensos na zona tracionada do que na comprimida. Já no estágio III é quando ocorre a ruptura da seção, a força aplicada não é mais equivalente as deformações ocasionadas, o que leva ao colapso ou esmagamento da estrutura de concreto (Parizotto, 2017).

De acordo com Schneider (2019), o melhor estágio para se trabalhar é o III, pois, a relação de custo e benefício desse estágio é superior aos demais, considerando que nele é possível produzir peças menores e mais leves, mas é necessário trabalhar com a armadura dupla para poder suportar a força de cisalhamento. A linha neutra, que é conhecida como um plano da viga que separa a parte tracionada e comprimida uma da outra, possui uma relação de carga aplicada e resistência do concreto e do aço que gera a modificação da posição da linha neutra na viga. No estágio I ela está localizada abaixo do centro geométrico da peça, no II passa próximo ao centro da seção e no III ela desloca-se para a parte acima do centro geométrico.

### 2.1.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS CAUSADAS PELA FISSURAÇÃO E CORROSÃO

Em todas as etapas construtivas de uma estrutura assim como em sua vida útil como um todo, é possível identificar a atuação de eventos patológicos, as estruturas de concreto armado apresentam vários sintomas e até danos físicos vinculados a deterioração, que reduzem de forma significativa a sua vida útil. A identificação destes eventos e as suas formas de atuação tornam viável a atuação com intervenções de processos fundamentais, para a determinação de um parecer real da estrutura e a aplicação de medidas corretivas para a mitigação ou solução dos problemas (Souza; Ripper, 1998).

Uma patologia muito importante a ser destacada, que está presente no concreto simples e armado, são as fissuras, que tem origens diversas, seja ainda em projeto, durante a execução ou apresentando ao logo do uso da edificação. Podendo apresentar ou não riscos a integridade física estrutural da edificação (Santos, 2019).

Uma causa muito comum que acarreta o aparecimento das fissuras, está diretamente ligada a fase de projeto. Quando o responsável técnico pelo cálculo estrutural não realiza o levantamento de cargas no elemento estrutural da forma correta, ou devido a materiais de qualidade que não atenda as normas, e também em condições de uso onde é aplicada uma carga maior do que a calculada. Flexas e trincas fora do normal são notadas em situações como as citadas (Marcelli, 2007).

Outro agente patológico presente nas estruturas de concreto armado é a corrosão nas armaduras. Marcelli (2007) destaca que uma das principais causas dos danos as estruturas são ocasionadas por esse agente, que podem ocasionar perdas financeiras e em casos mais graves perdas de vidas. O autor ainda relata que, para evitar esse problema a obra merece uma atenção especial assim como a concepção de projeto correta.

Buscando a redução dos ataques físicos Neville e Brooks (2013), relatam sobre a importância do cobrimento adequado da armadura das estruturas de concreto armado. Trata-se de um elemento normatizado, presente na NBR 6118:2014, que tem como a função de proteger a armadura de ataques químicos e físicos, inibindo a corrosão das armaduras. E de acordo com a classe de agressividade ambiental do local onde será realizada a edificação, a norma acima citada determina cobrimentos nominais mínimos para a armadura.

Como exemplo de cobrimento nominal, de acordo com a NBR 6118:2014, uma viga ou pilar de concreto armado com classe de agressividade II, deverá ter cobrimento mínimo de 30 mm.

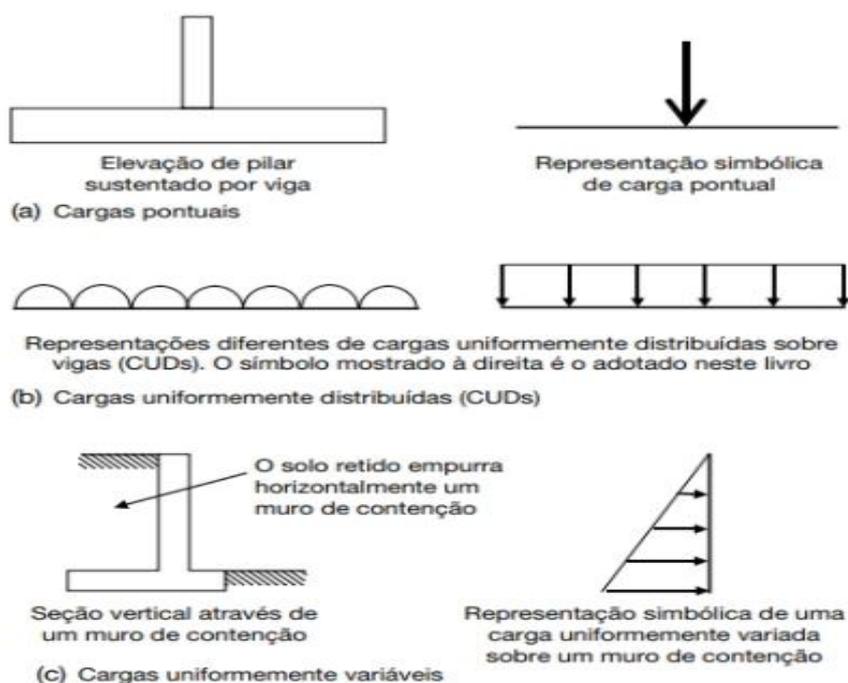
## 2.2 CARGAS E ESFORÇOS SOLICITADOS EM VIGAS

Na caracterização das cargas em estruturas, Garrison (2018) destaca que há possibilidade de trabalho com três tipos distintos de cargas, são elas: cargas mortas, cargas vivas e cargas de vento ou eólicas. Para este autor, o primeiro tipo de carga mencionado, pode ser também chamada de permanente, estas são as cargas vivas a todo momento na estrutura como peso próprio da estrutura, elementos

construtivos, piso, coberturas, fechamentos e divisórias permanentes. Sobre o segundo tipo de carga, podem ser também conhecidas como cargas impostas ou acidentais, que são aquelas geradas pela ocupação, como pessoas, neve sobre telhado, carros nos estacionamentos, mobílias entre outras. Já o terceiro tipo de carga são as laterais.

Para mais Garrison (2018), ainda destaca que por mais que consideramos os tipos de cargas, devemos levar em consideração também a sua natureza, que é destacada por ele por três tipos, que são: carga pontual, cargas uniformemente distribuídas e a carga uniformemente variável. A primeira é aquela que atua em um ponto específico da estrutura, comumente denominada como carga permanente, como exemplo de um pilar sustentado por uma viga. A carga uniformemente distribuída, é aquela que se dissemina de forma igualitária ao longo de um comprimento ou uma determinada área, como exemplo o peso próprio de um elemento estrutural. Já a carga uniformemente variável, é a que é disseminada ao longo de um comprimento de um elemento linear, mas desta vez seu valor varia de forma linear, como exemplo de um muro de contenção que sua carga é variável de acordo com a altura do muro. Na Imagem 1 a seguir, é possível identificar de forma clara como é a atuação dos três tipos de natureza de cargas acima citados.

Imagem 1 – Representação ilustrativa da natureza das cargas.



A NBR 6120 (ABNT, 2019) é a norma brasileira que tem como objetivo estabelecer os valores de carregamentos e ações mínimas a levar em conta nos projetos estruturais de edificações. É importante destacar que a norma pré-estabelece os pesos específicos a serem usados para o cálculo estrutural das cargas mortas ou permanentes como também para exemplos de cargas vivas ou acidentais.

Na Tabela 1, estão elucidados alguns tipos de pesos específicos de cargas mortas ou permanentes, comumente utilizadas para os cálculos estruturais.

Tabela 1 - Exemplos comuns de pesos específicos cargas mortas ou permanentes, usuais na construção

<b>Materiais</b>	<b>Peso específico aparente (kN/m<sup>3</sup>)</b>
Argamassa de cimento e areia	19 a 23 (21)
Concreto simples	24
Concreto armado	25
Porcelanato	23

Fonte: Adaptado de NBR 6120 (ABNT, 2019).

Para as cargas vivas ou acidentais, são destacados na Tabela 2 a seguir exemplos comuns destas, descritas por meio da NBR 6120 (ABNT, 2019), que é relacionado de acordo com sua aplicabilidade de local nas edificações e presentes de acordo com a natureza das cargas distribuída de forma uniforme.

Tabela 2 - Exemplos comuns de pesos específicos cargas mortas ou permanentes, usuais na construção.

<b>Locais</b>	<b>Carga uniformemente distribuída (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Dormitórios	1,5
Sala, copa, cozinha	1,5
Sanitários	1,5
Despensa, área de serviço e lavanderia	2

Fonte: Adaptado de NBR 6120 (ABNT, 2019).

Conforme dito pelos autores Giambastiani e Adorna (2019) ressaltam que as estruturas têm como objetivo principal e final, resistir a todos os possíveis esforços que podem vir a ocorrer sobre a estrutura, sem sofrer nenhum tipo de deformação ou até mesmo ruptura. O desempenho da estrutura irá variar de acordo com o tipo de esforço que atuará sobre ela, alguns possíveis de ocorrer são: compressão, tração, flexão e cisalhamento.

Ainda de acordo com Giambastiani e Adorna (2019), afirmam que a compressão ocorre quando há tendência de esmagamento da peça, ou seja, ao sofrer esforço de uma carga a estrutura tem a predisposição de esmagamento. A tração é quando a estrutura é esticada, isto é, a força aplicada tende a afastar a base e o topo da estrutura um do outro. A flexão é a junção da compressão com a tração, a viga é flexionada e sua estrutura sofre um abaulamento. Já o cisalhamento dispõe de propensão para rompimento por corte, quando a viga é rompida no local de encontro com o apoio.

### 2.3 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Para serem dimensionadas de forma exata, as vigas precisam ter a resistência e rigidez compatível com a sua estrutura (Leet; Uang; Gilbert, 2010).

Dando início ao dimensionamento das vigas, é necessário saber o momento máximo que ocorre na viga que será dimensionada, ele poder ser calculado através da Fórmula (1).

$$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{8} \quad (1)$$

Em que:

q é a carga aplicada na viga em [kN/m];

l o comprimento da viga em [m];

Mmax o momento máximo da viga em [kN.m];

Em seguida calcula-se a altura útil, como mostra a Fórmula (2).

$$h = d * enom + \varnothing \quad (2)$$

Onde:

h altura da viga em [m];

d altura útil da viga em [m];

$\varnothing$  diâmetro do aço possível a ser utilizado [m];

Deve encontrar através da Fórmula (3), o K6 que é o coeficiente em relação com a classe do concreto utilizado.

$$K6 = \frac{10^5 * bw * d^2}{Mmax} \quad (3)$$

No qual:

bw é a menor dimensão da viga em [m];

d altura útil da viga em [m];

Mmax o momento máximo da viga em [kN.m];

Em seguida deve ser calculado a área de aço da viga como mostra a Fórmula (4), que é utilizada somente quando for uma viga de armadura simples.

A viga simplesmente armada é definida quando apenas seção a tracionada precisa de armadura para resistir a força aplicada sobre ela. Na parte comprimida haverá apenas barras de aço por questões construtivas e para amarrar os estribos, somente o concreto resistirá a força de compressão (Bastos, 2015).

$$As = \frac{K3}{10} * \frac{M}{d} \quad (4)$$

Onde:

As é a área de aço em [cm<sup>2</sup>];

K3 coeficiente em relação ao tipo de aço;

M momento máximo da viga em [kN/m];

d altura útil da viga em [m];

Após descobrir a área de aço necessária para utilizar na viga, deve ser encontrada a quantidade de barras de aço que serão utilizados, que pode ser encontrada através da tabela mãe de aço, ela fornece o diâmetro e quantidade de aço que deverá ser utilizado de acordo com a área de aço determinada (Botelho; Marchetti, 2019).

### 2.3.1 SOFTWARE DE DIMENSIONAMENTO EBERICK

O software de dimensionamento Eberick foi criado pela empresa AltoQI, e é um meio computacional utilizado para a realização de projetos estruturais de edificações de vários tipos e tamanhos, o qual foi utilizado para a realização do dimensionamento computacional para ser utilizado no decorrer dessa pesquisa.

O software foi criado para obras com o sistema estrutural em concreto armado, os dados são inicialmente introduzidos no software por meio de um gráfico de entrada, e durante o processo de cálculo dimensional do aplicativo, ele considera a estrutura como um todo, englobando as reações de toda a estrutura (AUTOQI, 2019).

O sistema de dimensionamento e detalhamento do Eberick trabalha sempre de acordo com as normas brasileiras, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço (ELU e ELS), tem também a capacidade de dimensionar vigas, pilares, sapatas, lajes, escadas e entre outras partes da estrutura de uma edificação de forma rápida e produtiva. Através do projeto em 3D fornecido pelo software, ele dimensiona, e os resultados são expressos através de planilhas detalhadas para cada parte da estrutura, podendo ser organizados e plotados em pranchas de outro aplicativo como o AutoCAD (AUTOQI, 2019).

## 3 METODOLOGIA

Este estudo apresenta uma análise comparativa entre os métodos de cálculo manual e computacional com auxílio do programa Eberick 2021 desenvolvido pela empresa AutoQI, para a determinação da área de aço da armadura positiva de 3 vigas de concreto armado com base em um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar de 84,20 m<sup>2</sup> de um pavimento para estudo, composto por área de serviço, cozinha, sala, quarto, banheiro social, suíte, circulação e garagem, conforme planta

baixa apresentada na Imagem 1. A estrutura é composta por lajes treliçadas apoiadas em vigas, que por sua vez apoiam em pilares e que por fim direciona as cargas atuantes na estrutura para a fundação. Toda a parte estrutural é composta de concreto armado, e o fechamento é realizado em alvenaria de blocos cerâmicos furados e reboco tradicional. Busca-se por meio do comparativo dos cálculos elucidar as alterações identificadas.

Sendo assim, é possível classificar a pesquisa como básica, pois conforme Marconi e Lakatos (2021), as pesquisas desta natureza tem o objetivo de aumentar o conhecimento teórico de determinado assunto, não necessariamente colocando-os em prática.

Busca-se chegar a um valor relacionando a área de aço necessária nas vigas informadas e efetuar a comparação dos resultados entre os métodos de cálculo propostos, sendo assim define-se que a pesquisa de acordo com a coleta de dados se caracteriza como quantitativa, pois de acordo com Marconi e Lakatos (2021), nessa pesquisa:

Os dados devem ser, quanto possível, expressos em medidas numéricas. O pesquisador deve ser paciente e não ter pressa, pois as descobertas significativas resultam de procedimentos cuidadosos e não apressados. Isentando-se de fazer juízo de valor, deixa que os dados e a lógica levem à solução real, verdadeira. (Marconi; Lakatos, 2021, p. 17)

Essa pesquisa classifica-se quanto aos objetivos, como uma pesquisa descritiva, pois, segundo Gil (2018), ela tem por finalidade:

[...] a descrição das características de determinada população ou fenômeno. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. São em grande número as pesquisas que podem ser classificadas como descritivas e a maioria das que são realizadas com objetivos profissionais provavelmente se enquadra nesta categoria. (GIL, 2018, p. 26)

De acordo com os procedimentos para a coleta de dados, pesquisa bibliográfica foi o método adotado, que consistiu em uma revisão de bibliografia com o propósito de contribuir para o enriquecimento do conhecimento a respeito das vigas de concreto armado e seus métodos de cálculo. Confirmando tal afirmação Marconi e Lakatos (1999, p.27), conceituam pesquisa bibliográfica como sendo:

[...] um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. O estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificação do trabalho e evitar duplicações e certos erros, e representa uma fonte indispensável de informações podendo até orientar as indagações.

De acordo com a definição anterior, os dados da pesquisa foram representados em números, e através dos resultados numéricos é possível alcançar o objetivo deste artigo.

Para a realização do presente artigo se fez fundamental empregar características gerais da estrutura, para serem utilizadas e servirem como base para o decorrer dos cálculos, que atuará como dados de entrada para o cálculo manual e via software, sendo: classe de agressividade ambiental II; o peso específico do concreto utilizado será  $25 \text{ kN/m}^3$ ; cobrimento  $3,0 \text{ cm}$ ; alvenaria de vedação com  $15 \text{ cm}$  de largura e pé direito de  $3 \text{ m}$ ; e o aço das armaduras será o CA-50 as cargas aplicadas em todas as lajes foram de: carga acidental  $1 \text{ kN/m}^2$  e a carga de revestimento  $1,8 \text{ kN/m}^2$ .

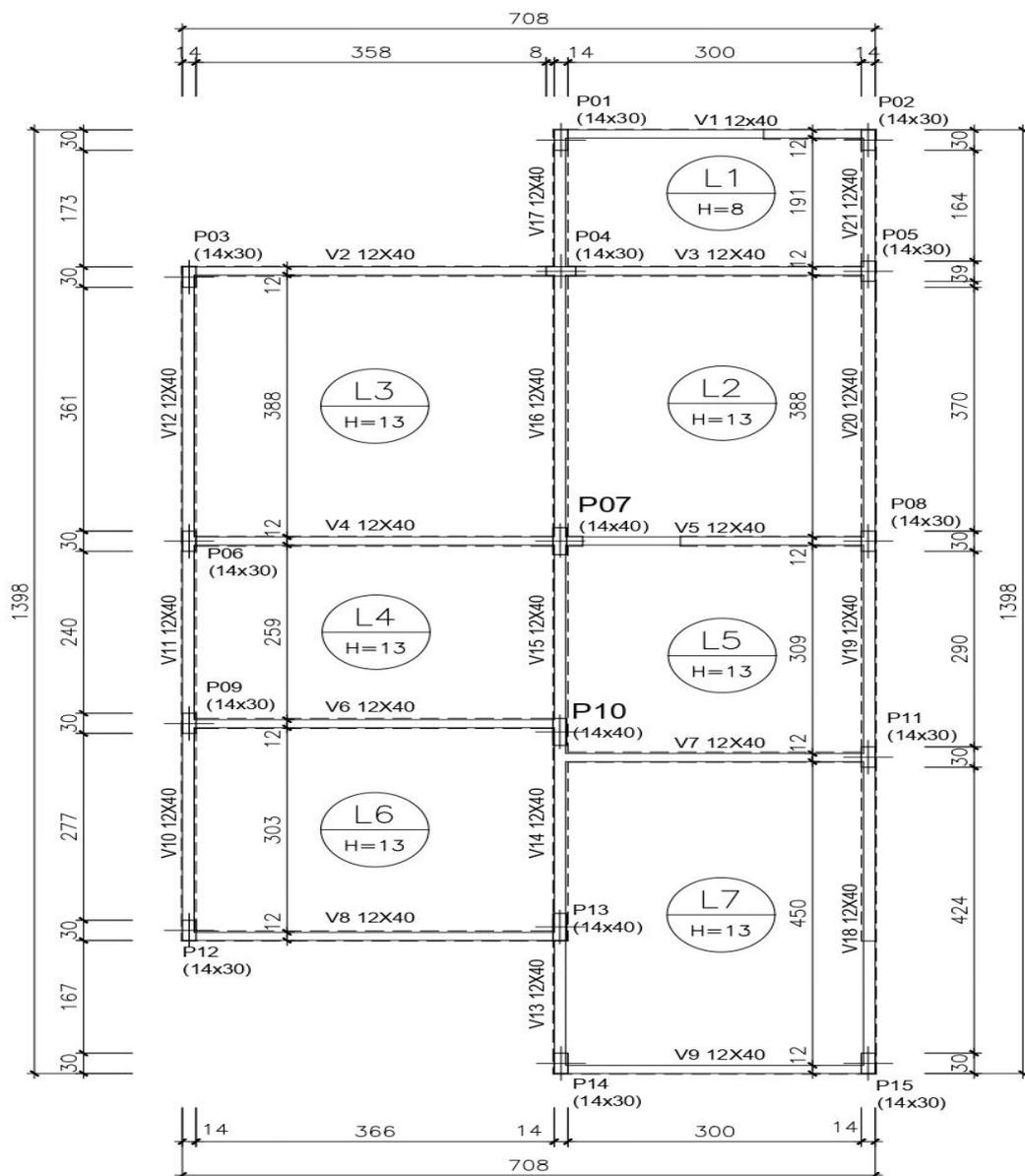
O ato de realização do cálculo manual tem início com a estimativa das dimensões da viga, analisando o vão gerado entre a distância dos pilares de apoio, logo é realizado o levantamento de carga que atuará sobre a viga e a determinação do momento fletor. Com posse dessas informações determina-se o coeficiente  $K_6$ , que servirá como dado de entrada para determinação de outro coeficiente o  $K_3$  este relacionado ao aço. Com posses dos coeficientes  $K_6$  e  $K_3$  além do momento fletor da viga e sua altura útil, é possível determinar a área de aço ( $A_s$ ) solicitada pela viga (Pilotto Neto, 2018).

Todo o método de cálculo manual foi realizado de forma manuscrita, e as condições básicas das vigas do projeto e as analisadas foram observadas com base em orientações guarnecidas pela ABNT NBR 6118:2014. Em condições semelhantes, os elementos estruturais foram lançados no software responsável pelo cálculo computacional Eberick 2021, todos norteados pela norma regulamentadora acima citada, para o processamento dos cálculos e os relatórios de dimensionamento com o objetivo de identificação da área de aço ( $A_s$ ) da armadura positiva das vigas selecionadas V8, V9 e V18.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para início do dimensionamento estrutural da edificação, estruturou-se a planta baixa de formas para as vigas contendo a disposição de vigas, pilares, lajes e outros elementos estruturais, em que foi realizado o pré-dimensionamento estrutural baseada em formas empíricas ou práticas para a definição dos formatos dos elementos e análise do lançamento estrutural.

Imagem 2 - Planta de formas para as vigas



○ PLANTA DE FORMAS PARA VIGAS

Fonte: Elaborada pelos autores

Com base no pré-dimensionamento foi definido, que todas as vigas presentes no projeto iniciariam com dimensão retangular de 12x40cm que de modo global busca-se a padronização para uma economia futura com formas na execução da obra. Destaca-se que no ato do processamento do pré-dimensionamento, o mesmo não obteve falhas e passou sem falhas nas definições previas estabelecidas, podendo prosseguir com as análises subsequentes.

Após realizados os cálculos de dimensionamento manual e o lançamento da estrutura no software Eberick, foi possível identificar uma pequena diferença nos resultados das áreas de aço (As), como foi evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação da área de aço (As) das vigas selecionadas por meio do cálculo manual e via software Eberick 2021.

<b>Vigas</b>	<b>Cálculo Manual (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Cálculo via software Eberick 2021 (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Diferença (cm<sup>2</sup>)</b>
V8	1,12	1,03	0,09
V9	0,75	0,72	0,03
V18	1,53	0,88	0,65

Fonte: Elaborado pelos autores

Portanto, pode-se analisar que há uma pequena divergência entre os valores finais da área de aço calculada manualmente e dimensionada pelo software, mas essa diferença vem da forma como são consideradas e trabalhadas as informações. No Eberick, a estrutura é considerada como um todo, calculada de forma global, já no dimensionamento manual as vigas são calculadas individualmente, uma por uma.

Nota-se que de acordo com a Tabela 4 os momentos fletores atuantes nas vigas selecionadas são diferentes, apresentando uma variação média 16,84%, valor este que não pode ser usado como dado conclusivo principalmente pela viga V9 apresentar um desvio considerável em relação as outras vigas selecionadas.

Tabela 4 - Momentos fletores vigas selecionadas por meio do cálculo manual e via Software Eberick 2021

Viga	Cálculo Manual (kN/m)	Cálculo via software Eberick 2021 (kN/m)	Variação (%)
V8	12,10	15,59	28,84
V9	8,20	8,54	4,14
V18	16,30	13,44	17,55

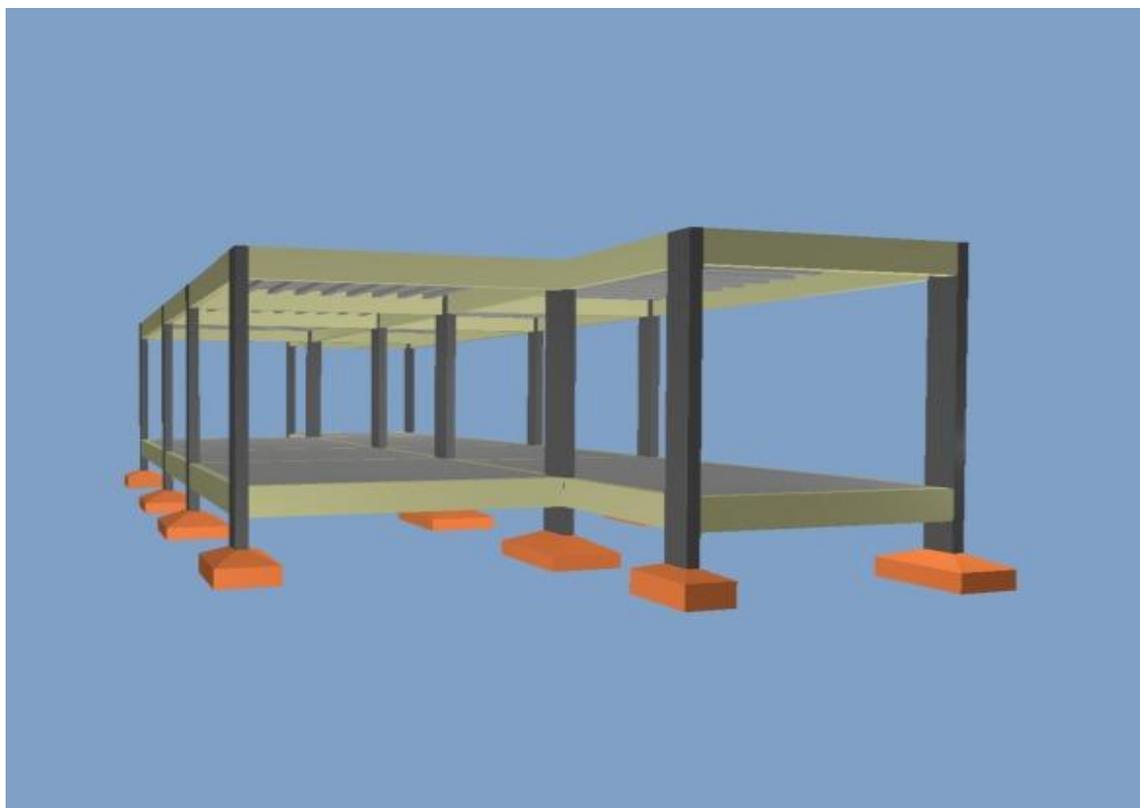
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao efetuar a análise estrutural é possível destacar, que está grande diferença na variação das três vigas analisadas, pode ser embasada de acordo com o arranjo estrutural a que ela se enquadra, pois de acordo com a classificação dos pilares quanto a sua posição na estrutura as vigas podem apresentar variações na forma de cálculo, pois em cada situação os esforços solicitantes são calculados de forma diferente.

É possível evidenciar observando as vigas analisadas e os pilares que as servem de apoio, a viga V9 se apoia no pilar P14 e P15, ambos pilares denominados de canto, já a viga V8 está apoiada no pilar P12 e P13 onde classificados como pilar de canto e pilar de extremidade respectivamente assim como a viga V18. O que torna ainda mais notório a afirmação acima citada em que cálculo no Eberick analisa a estrutura como um todo através do pórtico espacial, o que não acontece no método de cálculo manual que analisa o elemento estrutural de forma isolada.

Na Imagem 3 é possível analisar a distribuição dos pilares, vigas e lajes realizado no Eberick.

Imagem 3 - Representação da distribuição estrutural



Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com as informações obtidas, o cálculo estrutural feito pelo software é mais seguro, pois cálculos de forma manual podem gerar erros que poderão passar despercebidos pelo engenheiro, assim prejudicando a estrutura ou realizando compra de material em quantidade maior que o necessário, obtendo um prejuízo financeiro. Independentemente que o cálculo computadorizado traga um certo conforto e rapidez em relação a entrega dos resultados, foi possível observar que o operador do software deve ter um conhecimento mínimo para lançar as informações iniciais de pré-dimensionamento da estrutura e saber identificar erros na mesma e está ciente para possíveis melhorias estruturais na edificação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as informações obtidas através das pesquisas e cálculos realizados durante a elaboração do presente artigo, foi possível expandir o conhecimento sobre cálculo estrutural, vigas e suas características e outras noções sobre o tema abordado. No cálculo manual podemos constatar que ele requer muita atenção, pois uma informação errada adicionada no cálculo, prejudica toda a equação, havendo a necessidade de refazer todo o processo novamente com as informações corretas. Esse método realizado manualmente exige muito tempo disponível, o que na correria do dia a dia é uma coisa rara de acontecer.

Ao final do trabalho pode ser observado que umas das vantagens de utilizar dimensionamento pelo software, é que pelo Eberick os resultados são obtidos de forma mais rápida, detalhada e segura, auxiliando na agilidade de organização de pranchas e podendo também fornecer arquivos com todo o detalhamento das ferragens necessárias com medidas das bitolas e quantidade ideal.

Com a comparação dos resultados das áreas de aço (As) obtidas, podemos observar que houve uma pequena diferença, mas analisando as informações utilizadas para a elaboração do cálculo manual, ele apresentou os valores das áreas de aço das vigas calculadas, maior que o resultado do que foi elaborado pelo software Eberick. O Eberick trabalha com a estrutura de forma global e considera várias possíveis cargas que podem ocorrer sobre a estrutura, já o manual foi considerado apenas algumas cargas acidentais e é trabalhado cada elemento individualmente. Visto que o Eberick considera várias informações a mais quando comparado ao cálculo manual, houve uma discrepância no resultado, pois se utilizado a área de aço obtida manualmente, materiais seriam comprados em quantidade maior que o necessário.

Portanto, conclui-se que, o Eberick traz resultados aceitáveis, que irão fazer com que a estrutura não sofra deformações que comprometam a edificação, além de permitir uma fácil manipulação dos resultados alterando seções ou outras propriedades, buscando a economia da estrutura sem que perca da segurança. Outro ponto importante de se destacar em relação ao software é que com poucos cliques torna-se possível a obtenção dados relevantes para a análise estrutural,

assim como a quantidade adequada de material o que traz um ganho de praticidade muito grande.

## REFERÊNCIAS

ADORNA, Diego da Luz; PARIZOTTO, Liana; LAZZARI, Bruna Manica; AL., et. **Concerto Armado: Vigas e Lajes**. Porto Alegre: Sagah, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556901930/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ALTOQI. Altoqi Eberick. Florianópolis. Disponível em: <[http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=altoqi\\_eberick](http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=altoqi_eberick)>. Acesso em: 30 out. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio S. **Fundamentos do Concreto Armado**. 2006. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 12 de set. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio S. **Pilares de Concreto Armado**. 2015. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/08/apostila-pilares-unesp-prof-paulo-sergio.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2021.

BOTELHO, Manoel h. c.; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 5ª Edição. São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521214397/pageid/0>>. Acesso em: 19 set. 2021.

GARRISON, Philip. **Fundamentos de estruturas**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

GIAMBASTIANI, Gabriel Lima; ADORNA, Diego Luz. **Sistemas estruturais II**. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788533500648>>. Acesso em: 04 out. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/cfi/6/2!/4/2/4@0:23.5>>. Acesso em: 03 set. 2021.

LEET, K. M.; UANG, C. M.; GILBERT, A.M. **Fundamentos da análise estrutural**. 3ª Edição. Porto Alegre: AMGH, 2010. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308344/cfi/1!/4/4@0.00:30.7>>. Acesso em: 15 out. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. 9ª Edição. São Paulo: Atlas, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026610/cfi/6/20!/4/64/2/2@0:0>> Acesso em: 04 out. 2021.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MCCORMAC, Jack C. **Análise Estrutural: Usando métodos clássicos e métodos matriciais**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2496-7/cfi/0!/4/2@100:0.00>>. Acesso em: 27 out. 2021.

PILOTTO NETO, Egydio. **Caderno de Receitas de Concreto Armado – Vol. 1 - Vigas**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634690/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 2ª. Ed Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600726/>>. Acesso em: 30 out. 2021

OLIVEIRA, Janes Cleiton Alves de. **Avaliação da rigidez de pórticos tridimensionais de concreto armado**. 2009. Tese – Universidade de Brasília. Disponível em: <[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9046/1/2009\\_JanesCleitonAlvesdeOliveira.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9046/1/2009_JanesCleitonAlvesdeOliveira.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2021.

PARIZOTTO, Liana. **Concreto Armado**. Porto Alegre: Sagah, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020917/cfi/1!/4/4@0.00:29.2>>. Acesso em: 12 out. 2021.

SCHNEIDER, Nelso. **O que são os Estádios do Concreto?** 08/2019. Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/o-que-sao-os-estadios-do-concreto/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

SANTOS, Mateus Dierings Tanus dos. **Manual básico para identificação de fissuras mais comuns em estruturas de concreto armado para engenheiros recém-formados**. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/206056>>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUZA, Dênis José Rodrigues de.; SILVA JÚNIOR, Jânio. **Análise comparativa entre o uso de um software computacional e do cálculo manual no dimensionamento de lajes maciças.** 2020. Disponível em: <[http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/9409/1/9\\_2020\\_1%20DENIS-JANIO.pdf](http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/9409/1/9_2020_1%20DENIS-JANIO.pdf)> Acesso em: 24 set. 2021.

SOUZA, Marcos Roberto de; VARGAS, Alexandre. **Análise comparativa entre dois softwares comerciais para dimensionamento de estruturas em concreto armado.** 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/2987> > Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998. 262p