



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO CAMPUS CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JENNEF CARLOS TAVARES

O EFEITO DA SEÇÃO TRANSVERSAL NA DEFORMAÇÃO DE VIGAS DE AÇO

CARAÚBAS - RN
2014

JENNEF CARLOS TAVARES

O EFEITO DA SEÇÃO TRANSVERSAL NA DEFORMAÇÃO DE VIGAS DE AÇO

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título em Bacharel em Ciências e Tecnologias.

Orientador: Prof. Ms. Wendell Rossine Medeiros de Souza – UFERSA.

CARAÚBAS - RN
2014

O Conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seus autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência

T231e Tavares, Jennef Carlos.

O efeito da seção transversal na deformação de vigas de aço. / Jennef Carlos Tavares -- Mossoró, 2014.
59f.: il.

Orientador: Prof. Mse. Wendell Rossine M. de Souza.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de
Graduação.

1. Aço. 2. Deformação. 3. Estrutura metálica. 4. Perfil I.
I. Título.

RN/UFERSA/BCOT /302-14

CDD: 620.17

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba
CRB-15/452

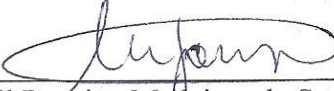
JENNEF CARLOS TAVARES

O EFEITO DA SEÇÃO TRANSVERSAL NA DEFORMAÇÃO DE VIGAS DE AÇO

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM 20/02/2014

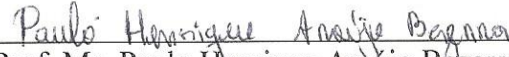
BANCA EXAMINADORA



Prof. Ms. Wendell Rossine Medeiros de Souza (UFERSA)
Orientador - Presidente



Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral (UFERSA)
Primeiro Membro



Prof. Ms. Paulo Henrique Araújo Bezerra (UFERSA)
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar forças para poder levar essa primeira etapa do curso. Desde o começo, passando pela correria dos períodos que se seguiam até este ultimo período no qual elaborei este trabalho.

Aos meus pais, Jailton Tavares de Oliveira e Maria Helena da Silva, pelo exemplo de vida que me deram, tornando-me assim uma pessoa mais humilde. Também nos incentivos e por entender quando tinha que estudar.

A meu irmão, Jandson Henrique Tavares e a minha cunhada Emilayne Paiva que sempre estiveram disponíveis para tirar aquelas dúvidas e também dando conselhos que sempre precisei.

A minha namorada, Larissa Martins por sempre me incentivar e me entender. Não me deixando abater nos obstáculos do curso e da vida.

Aos meus avós, Miguel Inácio e Irene Bandeira pela simplicidade e atenção que sempre estiveram por mim.

A família, que sempre me entendeu e auxiliou na minha jornada e onde busco a inspiração da verdadeira amizade.

A todos os meus amigos/irmãos e colegas que adquiri no decorrer do curso, por sempre estarem com paciência para poder me aguentar e dando forças nas várias e várias noites em claro.

Ao meu orientador Wendel Rossine Medeiros de Souza por sempre me dá apoio e me incentivar com paciência no decorrer do presente trabalho.

Ao meus avós, Joaquim Tavares de Oliveira e Antônia Luiza. Onde eles sempre fizeram de tudo pra mim, era meu segundo pai e minha segunda mãe. Mas infelizmente não chegou a ver seu “doutorzinho”.

A Maria Dias, “Dona Maria de Zeca”, uma “vó” que todos queriam ter, pelo exemplo de vida e simplicidade que sempre me ensinou.

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos, mesmo nas horas mais difíceis Ele me deu forças pra continuar nessa batalha.

DEDICO

“Quem ouve essas minhas palavras e as põe em prática, é como um homem prudente que construiu sua casa sobre a rocha”

(Mt 7, 24)

RESUMO

As vigas são elementos de fundamental importância nas estruturas, ela será o elemento de estudo deste trabalho de conclusão de curso. Pois, para dimensionar uma melhor viga é necessário conhecer vários parâmetros, como: sua deformação e sua tensão que estão atuando e também o fator econômico, ou seja, o seu preço. Neste trabalho as vigas estudadas são de aço com perfis I (W150X13, W200X15, W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8), sendo que a viga faz parte de um mezanino. Os dados serão obtidos com o auxílio do software SAP2000 e comparados com os dados calculados analiticamente. Notou-se que todos os resultados conferiam apenas os das deformações apresentaram certo erro, pois o software considera a viga sendo com mesas lisas e paralelas. Contudo, levando em consideração os três fatores para a análise das vigas, chegou-se à conclusão que o perfil W 250X17,9 é o melhor a ser utilizado na parte central do mezanino.

PALAVRAS-CHAVE: Deformação. Perfil I. Aço. Estrutura metálica.

ABSTRACT

The beams are elements of fundamental importance of structure, It will be the theme of study this TCC. The way to scale a better beam it is necessary to know several parameters such as the deformation e the strain that is acting in it and the economic fact in the orders words, its price. In this work, the beams under study are composed of steel with profile I, whereas the beam is part of a mezzanine. The data was obtained with by the software SAP2000 and compared with the data calculated analytically. It was note that all the results were the same. Only in the deformation's data presented some difference. It is because the software consider the beam is like smooth and parallel tables. However, bearing in consideration the three factors to the test of beams. The conclusion is that the profile W 250X17, 9 is the best to be used in the central part of mezzanine.

KEYWORDS: Deformation. Profile I. Steel. Metal structure.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Porcentagens de elementos adicionais	35
Tabela 2- - Dados dos perfis.....	39
Tabela 3- viga W 150x13	40
Tabela 4 - viga W 200x15	42
Tabela 5- viga W 250x17,9	43
Tabela 6- viga W 310x21	45
Tabela 7- viga W 360x32,9	47
Tabela 8- viga W 410x38,8	49
Tabela 9- Deformações e tensões obtidas analiticamente	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Momento.....	20
Figura 2- Tensão.....	21
Figura 3 -Diagrama tensão x deformação.....	22
Figura 4- Tração	26
Figura 5 – cargas distribuídas linearmente	28
Figura 6 - carga concentrada	29
Figura 7 - força peso.....	30
Figura 8 - suporte na viga.....	30
Figura 9 - viga com dois suportes.....	31
Figura 10 - Suporte com trava	31
Figura 11 - viga biapoiada com carga concentrada	32
Figura 12 - diagramas da viga biapoiada com carga concentrada.....	33
Figura 13- viga biapoiada com carga distribuída	34
Figura 14- Perfis Laminados	36
Figura 15- Área de influencia da laje	37
Figura 16- modelo ilustrativo do mezanino.....	38
Figura 17- modelo ilustrativo da viga no mezanino	38
Figura 18- viga W 150x13.....	39
Figura 19 - diagrama esforço cortante (W 150x13)	40
Figura 20 - diagrama momento (W 150x13).....	41
Figura 21 - viga W 200x15.....	41
Figura 22 - diagrama cortante (W 200x15)	42
Figura 23 - diagrama momento fletor (W 200x15)	42
Figura 24 - viga W 250x17,9.....	43
Figura 25 - diagrama cortante (W 250x17,9)	44
Figura 26 - diagrama momento fletor (W 250x17,9)	44
Figura 27 - viga W 310x21.....	45
Figura 28 - diagrama cortante (W 310x21)	46
Figura 29 - diagrama momento fletor (W 310x21)	46
Figura 30 - viga W 360x32,9.....	47
Figura 31 - diagrama cortante (W 360x32,9)	48

Figura 32 - diagrama momento fletor (W 360x32,9)	48
Figura 33 - viga W 410x38,8.....	49
Figura 34 - diagrama cortante (W 410X38,8)	50
Figura 35 - diagrama momento fletor (W 410X38,8)	50
Figura 36 - Relação das deformações (software x analiticamente).	51
Figura 37 - Gráfico da evolução do esforço cortante com a seção.....	52
Figura 38 - Gráfico da evolução do momento fletor com a seção.....	53
Figura 39 - Gráfico da evolução da deformação com a seção.....	53
Figura 40 - Gráfico da evolução da tensão com a seção	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. GERAL	17
1.1.2. ESPECÍFICOS	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. CONCEITO DE FORÇA.....	19
2.2. CONCEITO DE MOMENTO	19
2.3. TENSÃO.....	20
2.5. DIAGRAMA TENSÃO X DEFORMAÇÃO.....	22
2.6. LEI DE HOOKE.....	23
2.7. DUCTILIDADE	23
2.8. FRAGILIDADE.....	24
2.9. RESILIÊNCIA E TENACIDADE.....	24
2.10. MÓDULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL	25
2.11. TRAÇÃO	25
2.12. DEFORMAÇÃO	26
2.13. FORÇAS QUE ATUAM NA ESTRUTURA.....	26
2.14. CARGAS QUE ATUAM NA LAJE	27
2.15. PAINEL WALL.....	27
2.16. CARGAS QUE ATUAM NAS VIGAS	28
2.17. CONCEITO DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO DAS ESTRUTURAS	29
2.18. EQUILÍBRIO EXTERNO DAS VIGAS – CÁLCULO DAS REAÇÕES DE APOIO	30
2.19. EQUILÍBRIO INTERNO DAS VIGAS – CÁLCULO DO MOMENTO FLETOR E	
ESFORÇO CORTANTE PARA VIGA BI APOIADA.....	32

2.19.1. FORÇA CORTANTE E MOMENTO FLETOR EM VIGAS BI APOIADAS SEM BALANÇOS	32
2.19.1.1. CARGAS CONCENTRADAS	32
2.19.1.2. CARGAS DISTRIBUÍDAS	33
2.20. AÇO	34
2.20.1. DEFINIÇÕES.....	34
2.20.2. TIPOS DE AÇO ESTRUTURAIS	35
2.20.2.1. AÇO-CARBONO	35
2.20.2.2. AÇO DE BAIXA LIGA	35
2.20.3. PERFIS LAMINADOS	36
3. MÉTODOS DE ANÁLISES	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. DADOS DOS PERFIS.....	39
4.2. VIGA W150X13:.....	39
4.3. VIGA W200X15:.....	41
4.4. VIGA W250X17,9:.....	43
4.5. VIGA W310X21:.....	44
4.6. VIGA W360X32,9:.....	46
4.7. VIGA W410X38,8:.....	48
4.8. DADOS OBTIDOS ANALITICAMENTE:.....	50
4.9. ANÁLISES:	52
4.9.1. ESFORÇO CORTANTE	52
4.9.2. MOMENTO FLETOR.....	52
4.9.3. DEFORMAÇÃO:	53
4.9.4. RUPTURA.....	54
4.9.5. ECONOMIA:.....	55
5. CONCLUSÃO.....	56

REFERÊNCIAS	58
--------------------------	-----------

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a engenharia civil foi uma das primeiras engenharias a existir, por esse motivo mantém-se a tradição histórica e até hoje é uma das mais valorizadas no mundo atual. E na área estrutural uma viga se caracteriza como um elemento estrutural dentro das edificações, sendo este elemento o objeto de estudo deste trabalho.

Ao estudar vigas, tem-se a existência da linha elástica, ou seja, como esta viga se deformará, essa deformação varia com vários fatores sendo eles: o comprimento, altura, a espessura, o tipo do material (variando do concreto até mesmo o aço, a madeira), as cargas (concentradas ou distribuídas). No final, será feito esta avaliação com as propriedades mencionadas anteriormente, utilizando um software para cálculo estrutural, o SAP2000 (1995), para saber como será o comportamento da viga. Este software auxiliará a encontrar os diagramas do cortante e do momento fletor, a saber, a deformação da viga e as reações de apoio.

O SAP2000 (1995), é um software para cálculo de elementos finitos, que pode ser utilizado para modelagens, análises e dimensionamento de estruturas. Estas estruturas podem ser: pontes, barragens, estádios, edifício, entre outras e é usado principalmente por engenheiros.

O aço da viga estudada é do tipo ASTM A grau 50, que é um aço microligado de alta resistência mecânica, classificado pela resistência mecânica e não pela composição química. Apresentando um alto teor de carbono e alta ductilidade.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. GERAL

O objetivo do presente trabalho consiste em fazer uma análise sobre a deformação de vigas de aço. De modo a obter informações detalhadas da relação da deformação, esforço cortante, momento fletor e tensão com a seção transversal.

1.1.2. ESPECÍFICOS

- a) Mostrar os resultados do software, fazendo cálculos de vigas e posteriormente verificando-se os resultados no programa;
- b) Mostrar os resultados obtidos analiticamente para comprovar que os dados do programa são confiáveis;
- c) Fazer a correlação já mencionada da deformação, esforço cortante, momento fletor e tensão com a área da seção transversal, e esta será feita a partir de dados obtidos do software SAP2000 (1995) e em seguida, mostrar esses resultados em forma de gráficos,
- d) Escolher o melhor perfil pra usar na construção de um mezanino, sendo que esta seção deve passar pela deformação e tensão permitidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONCEITO DE FORÇA

Quando se fala em força entende-se como sendo o resultado de uma massa sobre certa aceleração, podendo, matematicamente; ser expressa da seguinte forma:

$$F = m \cdot a$$

Onde:

F = força;

m = massa;

a = aceleração.

Força é uma grandeza vetorial, ou seja, para defini-la precisa saber sua intensidade, direção e sentido. Por exemplo, na direção vertical têm-se dois sentidos, um para cima e outro para baixo.

Segundo Rebello (2005) Conhecer as forças que atuam nas estruturas é de fundamental importância, já que a estrutura é justamente o caminho que as forças percorrem, de um determinado ponto até fundação.

2.2. CONCEITO DE MOMENTO

Rebello (2005) afirma que é importante lembrar que momento é um esforço que provoca giro.

Para ocorrer um giro ou momento físico é necessário que existam duas forças iguais, de mesma direção, de sentidos contrários e não colineares, o que se denomina binário (figura 1).

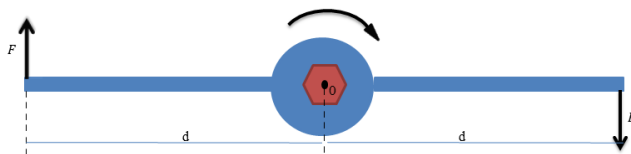


Figura 1- Momento

Fonte: Rebello (2005)

Quanto mais afastadas estiverem as forças maior será a intensidade de giro. Isso é fácil perceber quando se tira o parafuso da roda do carro. Quanto maior for o braço da ferramenta menor será a força necessária para provocar o giro do parafuso.

Matematicamente será da seguinte maneira:

$$M = F \cdot d$$

Onde:

M = momento;

F = Força;

d = distancia.

2.3. TENSÃO

Beer e Johnston Junior (1995) afirma que a força por unidade de área ou a intensidade das forças distribuídas numa certa seção transversal é chamada tensão atuante, nessa seção, e é indicada pela letra grega σ (sigma). A tensão em uma barra de seção transversal A, sujeita a uma força axial P (figura 2), é então obtida dividindo-se o modulo de P da força pela área A:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Onde:

σ = tensão;

P = Força;

A = Área.

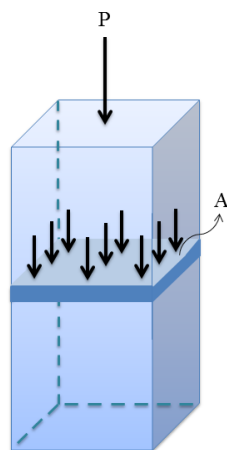


Figura 2- Tensão

Fonte: Rebello (2009)

Segundo Rebello (2009) só podemos comparar a resistência de dois materiais comparando as máximas tensões que eles podem resistir, ou em outras palavras, o quanto de força por unidade de área eles suportam.

2.4. REGIME ELÁSTICO E PLÁSTICO

Segundo Beer e Johnston Junior (1995) um material tem comportamento elástico quando as deformações causadas por um certo carregamento desaparecerem com a retirada do carregamento. Chama-se limite de elasticidade do material ao maior valor de tensão para o qual o material ainda apresenta comportamento elástico. O elástico de borracha é um elemento que representa bem essa situação.

Segundo Rebello (2009), se a força aplicada atingir valores acima de um determinado limite, pode-se notar que o material muda de comportamento não mais apresentando deformações proporcionais ao aumento da força. A esta fase dá-se o nome de regime plástico. Nesta situação o material quando descarregado passa a apresentar uma deformação permanente. Ao final do regime plástico, com o aumento de carga, temos a ruptura do material. Alguns materiais apresentam na passagem do regime elástico para o plástico, um grande aumento na deformação sem aumento na intensidade da força. Esta situação caracteriza o fenômeno denominado escoamento do material, fenômeno típico do aço.

A relação entre a força aplicada e a deformação ocorrida pode ser colocada em gráfico. Para que o gráfico represente o comportamento do material independentemente das dimensões

do elemento que serviu de base para o ensaio, são colocadas no gráfico, em vez das forças aplicadas, suas respectivas tensões. Ao invés da deformação total da barra, cujo valor varia com o comprimento inicial, é usada a deformação específica (relação entre a deformação real e o comprimento inicial da barra). Dessa forma, obtêm-se gráficos semelhantes àqueles mostrados na figura 3, denominados gráficos tensão x deformação.

2.5. DIAGRAMA TENSÃO X DEFORMAÇÃO

Segundo Beer e Johnston Junior (1995), o diagrama que representa as relações entre tensões e deformações específicas de certo materiais é uma característica importante desse material. Para a obtenção do diagrama tensão-deformação de certo material, normalmente se faz um ensaio de tração em uma amostra do material.

A seguir apresenta o diagrama de tensão-deformação (figura 3) submetido a uma força normal de tração em um aço:

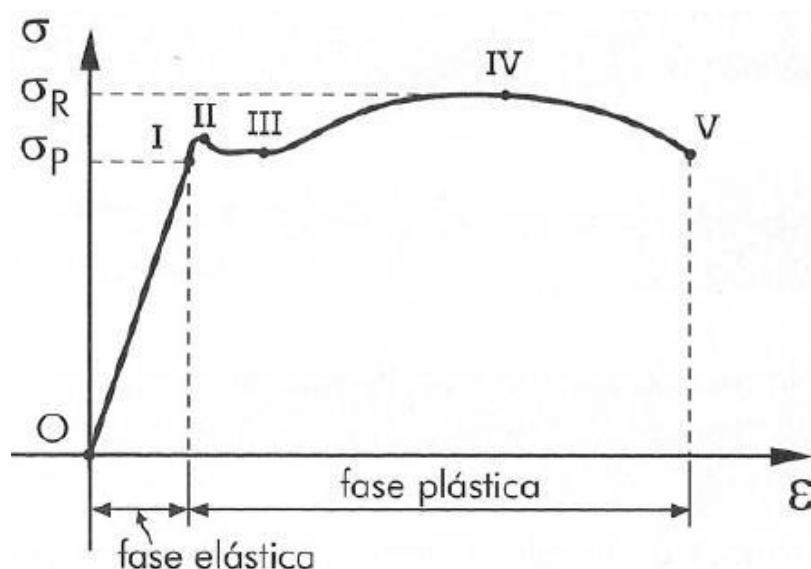


Figura 3 -Diagrama tensão x deformação

Fonte: Pfeil e Pfeil (2013)

Em que:

I – limite de proporcionalidade – onde comprova a validade da lei de Hooke, ou seja, onde a deformação é proporcional à tensão: σ_P ;

II - Limite de elasticidade – É retornar a dimensão inicial assim que a força deixa de atuar: σ_E ;

III - Limite de escoamento - caracteriza a perda da propriedade elástica do Material: σ_e ;

IV - Limite de resistência ou tensão de ruptura - maior tensão que o corpo pode aguentar: σ_R ;

V - Rompimento do corpo.

Uma maneira de encontrar a tensão admissível (σ_{adm}) segundo Rebello (2005) é:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_y}{1,7}$$

Onde:

f_y = tensão de escoamento do material.

2.6. LEI DE HOOKE

Segundo Gere e Goodno (2013) a relação linear entre tensão e deformação para uma barra em tração ou compressão simples é expressa pela equação

$$\sigma = E\varepsilon$$

Em que σ é a tensão axial, ε a deformação axial e E uma constante de proporcionalidade, conhecida como módulo de elasticidade do material.

Gere e Goodno (2013) ainda dizem que a equação $\sigma = E\varepsilon$ é usualmente chamada de **lei de Hooke**, em homenagem ao famoso cientista inglês Robert Hooke (1635-1703)

2.7. DUCTILIDADE

Segundo Pfeil e Pfeil (2013), denomina-se ductilidade a capacidade de o material se deformar sob a ação das cargas. Os aços dúcteis, quando sujeitos a tensões locais elevadas, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões. Esse comportamento plástico permite, por exemplo, que se considere numa ligação parafusada distribuição uniforme da carga entre os parafusos. Além desse efeito local, a ductilidade tem importância porque

conduz a mecanismos de ruptura acompanhados de grandes deformações que fornecem avisos da atuação de cargas elevadas.

A ductilidade pode ser medida pela deformação unitária residual após ruptura do material. As especificações de ensaios de materiais metálicos estabelecem valores mínimos de alongação unitária na ruptura para as diversas categorias de aços.

2.8. FRAGILIDADE

Pfeil e Pfeil (2013) caracterizam fragilidade como sendo o oposto da ductilidade. Os aços podem ser tomados frágeis pela ação de diversos agentes: baixas temperaturas ambientes, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica etc.

O estudo das condições em que os aços se tomam frágeis tem grande importância nas construções metálicas, uma vez que os materiais frágeis se rompem bruscamente, sem aviso prévio. Dezenas de acidentes com navios, pontes etc. foram provocados pela fragilidade do aço decorrente de procedimento inadequado de solda.

O comportamento frágil é analisado sob dois aspectos: iniciação da fratura e sua propagação. A iniciação ocorre quando uma tensão ou deformação unitária elevada se desenvolve num ponto onde o material perdeu ductilidade. As tensões elevadas podem resultar de tensões residuais, concentração de tensões, efeitos dinâmicos etc. A falta de ductilidade pode originar de temperatura baixa, estado triaxial de tensões, efeito de encruamento, fragilização por hidrogênio etc. Uma vez iniciada, a fratura se propaga pelo material mesmo em tensões moderadas.

2.9. RESILIÊNCIA E TENACIDADE

Segundo Pfeil e Pfeil (2013), estas duas propriedades se relacionam com a capacidade do metal de absorver energia mecânica. Elas podem ser definidas com auxílio dos diagramas tensão-deformação.

A resiliência é a capacidade de absorver energia mecânica em regime elástico ou, o que é equivalente, capacidade de restituir energia mecânica absorvida. Denomina-se módulo de resiliência ou resiliência a quantidade de energia elástica que pode ser absorvida por unidade de volume do metal tracionado.

Hibbeler (2010) afirma que uma importante propriedade de um material é o módulo de tenacidade u_t . Essa quantidade representa a área inteira sob o diagrama tensão-deformação, portanto indica a densidade de energia de deformação do material um pouco antes da ruptura.

2.10. MÓDULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL

Segundo Rebello (2009) ao analisar um gráfico da tensão-deformação, nota-se que na parte onde o gráfico é uma reta, que corresponde à região do regime elástico do material, ou seja, proporcionalidade entre tensão e deformação, sua inclinação varia de material para material. Essa variação nos mostra que para uma mesma tensão existem materiais que se deformam mais que outros. Quanto maior for o ângulo α , ou seja, quanto mais inclinada for a reta menos deformável é o material. Conclui-se que a inclinação dessa reta nos informa quanto deformável é o material. A essa inclinação dá-se o nome de módulo de Young ou módulo de elasticidade longitudinal, que é uma constante para cada tipo de material.

2.11. TRAÇÃO

Rebello (2009) diz que se uma barra, quando submetida a forças externas, sofre um aumento no seu tamanho na direção do seu eixo, e se esse aumento ocorre de forma uniforme, ou seja, todas as suas fibras sofrem a mesma deformação, pode-se concluir que internamente a barra está sujeita a uma força atuando de dentro para fora, normal ao plano da sua secção e aplicada no seu centro de gravidade. A esta força dá-se o nome de tração simples ou axial.

A força de tração simples se distribui na secção da barra provocando tensões normais de tração simples. Essas tensões são uniformes ao longo de toda a secção, a tração simples provoca uma sollicitação uniforme de todas as fibras da secção (figura 4).

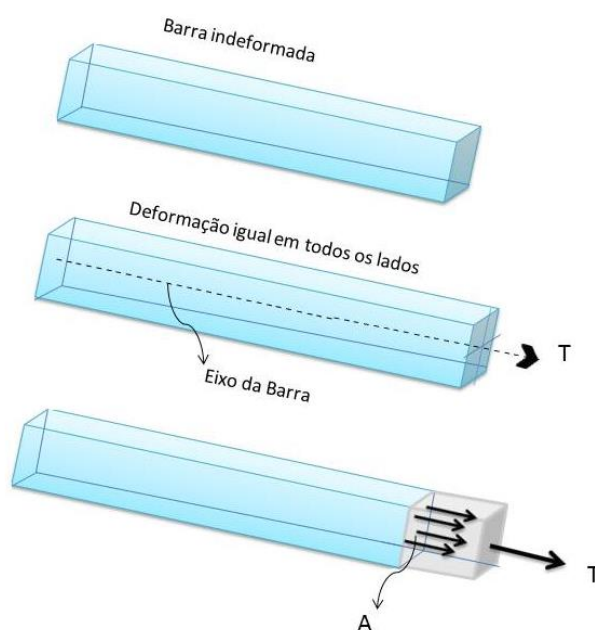


Figura 4- Tração

Fonte: Rebello (2009)

2.12. DEFORMAÇÃO

De acordo com Hibbeler (2010), sempre que uma força é aplicada a um corpo, este tende a mudar a forma e o tamanho dele. Essas mudanças são denominadas **deformações** e podem ser altamente visíveis ou praticamente imperceptíveis se não forem utilizados equipamentos que façam medições precisas. Por exemplo, uma tira de borracha sofrerá uma grande deformação quando esticada. Por outro lado, os elementos estruturais de um edifício sofrem leves deformações quando há muitas pessoas andando dentro dele. Também pode ocorrer deformação em um corpo quando há mudança de temperatura. Um exemplo típico é a expansão ou contração térmica de um telhado causada pelas condições atmosféricas.

2.13. FORÇAS QUE ATUAM NA ESTRUTURA

Segundo Rebello (2005), as forças que atuam nas estruturas são basicamente de duas espécies: gravitacionais e do vento. As primeiras têm direção vertical e as segundas, horizontal. Podem ocorrer ocasionalmente ou durante toda a vida útil da estrutura; as ocasionais são denominadas cargas acidentais e as segundas, cargas permanentes. São exemplos de cargas acidentais, pessoas, mobiliários, ventos e veículos. Essas cargas, por

serem de difícil quantificação, são definidas por norma, a NBR 6120. As cargas permanentes são o peso próprio da estrutura, os revestimentos e as paredes.

2.14. CARGAS QUE ATUAM NA LAJE

Segundo Rebello (2005) o primeiro elemento estrutural a receber cargas é a laje. Como a laje é uma superfície, a carga que normalmente atua sobre ela se distribui por toda sua área. Como cargas permanentes atuando nas lajes tem-se o seu peso próprio e os revestimentos.

O peso próprio das lajes maciças depende da espessura da laje. No caso de lajes pré-moldadas e painéis, o peso próprio pode ser obtido nos catálogos dos fabricantes.

2.15. PAINEL WALL

Segundo Painei wall (2014), O Painei Wall é composto de miolo de madeira maciça revestida, laminada ou sarrafeada, revestida de compensados com colagem à prova d'água.

Dimensões do painei: 2500 x 1200 x 40 mm;

Número de apoios: 3;

Carga máxima: 700 Kg.f / m² (valor superior ao dos painéis comuns);

Peso do painei: 20 Kg / m².

Devido à facilidade de instalação e o custo relativamente baixo, a construção do mezanino em Painei Wall tornou-se uma das alternativas mais recomendadas na busca do aumento da área útil do imóvel.

Em contrapartida, se a estrutura do mezanino fosse em concreto armado, para suportar a mesma resistência, o peso do m² seria de aproximadamente 300 kg. Sendo assim, o concreto pesa 15 vezes mais que a estrutura metálica com Painei Wall.

Hoje, os mezaninos de madeira estão descartados devido às normas de prevenção contra incêndio.

Presente em todas as edificações, o mezanino é uma solução adotada principalmente nas lojas de shopping centers, escritórios, galpões e outras construções que possuem o pé-direito alto.

O mezanino construído com Painel Wall permite o aumento significativo da área de estoque dos produtos devido à sua menor espessura, sendo a melhor alternativa para quem trabalha com estoque grande e variado de produtos.

Para construir um mezanino é necessário que a área tenha o pé direito mínimo de 5 metros. Nos mezaninos onde a sobrecarga é superior a 300 kgf/m^2 há a necessidade do cálculo da fundação e principalmente dos pilares.

2.16. CARGAS QUE ATUAM NAS VIGAS

Segundo Rebello (2005) as vigas são consideradas elementos estruturais lineares, logo as cargas que atuam sobre elas são, também, cargas distribuídas linearmente (figura 6).

As cargas lineares que podem atuar em uma viga são seu peso próprio, as cargas das lajes e as cargas de alvenaria.

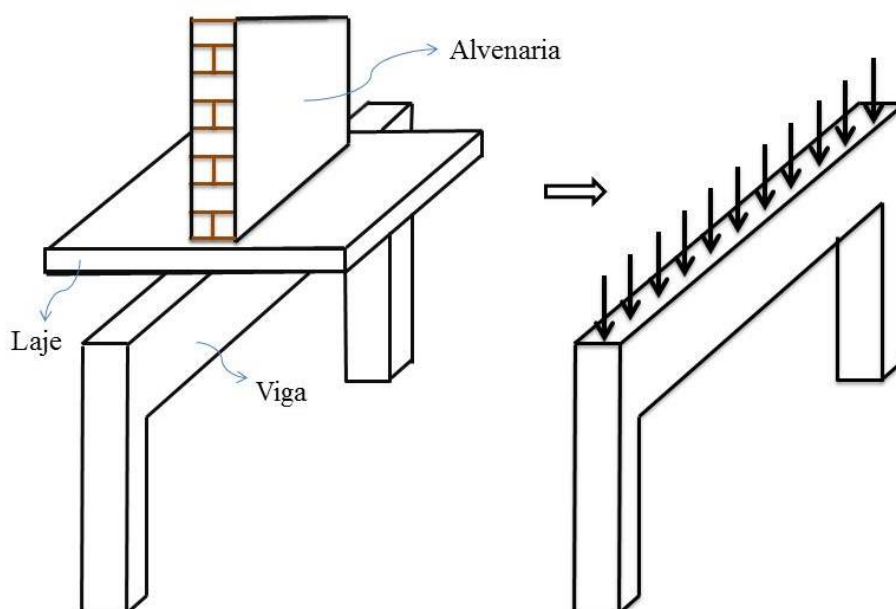


Figura 5 – cargas distribuídas linearmente

Fonte: Rebello (2005)

Nas vigas podem ainda atuar cargas concentradas devidas ao apoio de outras vigas (figura 7). Essas cargas são as reações nas vigas que elas apoiam.

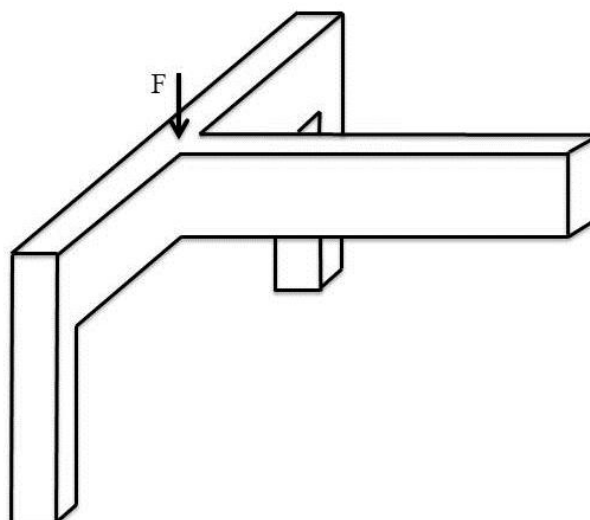


Figura 6 - carga concentrada

Fonte: Rebello (2005)

2.17. CONCEITO DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO DAS ESTRUTURAS

Segundo Rebello (2009) uma das propriedades desejadas para as estruturas, e a mais importante, é que quando submetidas às mais diferentes forças possam manter-se em equilíbrio, durante toda sua vida útil.

Diz-se que um objeto está em equilíbrio quando não há alteração no estado das forças que atuam sobre ele. Um objeto sobre uma mesa, manter-se-á no lugar indefinidamente, desde que sobre ele não seja aplicada outra força, que não sejam o seu peso e a reação da mesa. Nesta situação o objeto encontra-se também em equilíbrio. No caso do objeto sobre a mesa não há movimento, o objeto permanece parado; é o equilíbrio estático. É este é o que interessa para as edificações, que, para existirem, devem permanecer em equilíbrio estável durante toda a sua vida útil.

Para uma estrutura permanecer em equilíbrio estático é necessário, mas não suficiente, que as dimensões de suas seções sejam corretamente determinadas. Embora corretamente dimensionada, a estrutura pode perder o equilíbrio se seus apoios ou as ligações entre as partes que a constituem, denominados vínculos, não forem corretamente projetados. Por outro lado, o correto projeto dos vínculos não garante a estabilidade da estrutura se as dimensões das suas seções forem menores que as necessárias. Portanto uma estrutura para estar totalmente em equilíbrio estático deve manter-se nele tanto externamente, ou seja, equilíbrio

nos seus vínculos, como internamente, com o equilíbrio das forças que ocorrem dentro das suas seções.

2.18. EQUILÍBRIO EXTERNO DAS VIGAS – CÁLCULO DAS REAÇÕES DE APOIO

Considere-se uma barra qualquer. A ação da gravidade sobre sua massa provoca o aparecimento da força peso. Sob a ação dessa força a barra tende a se deslocar na vertical em direção ao centro da terra (figura 7) (REBELLO, 2009).

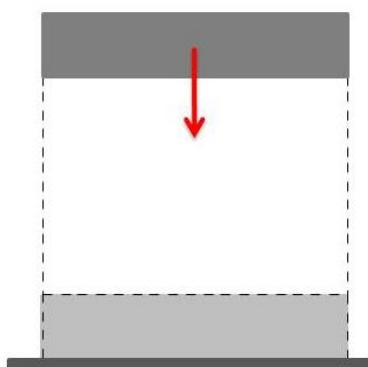


Figura 7 - força peso
Fonte: Rebello (2009)

$$P = m \cdot g$$

Uma maneira de evitar que a barra se desloque na vertical é a criação de um dispositivo que crie uma reação contrária à força peso, equilibrando-a. Suponhamos que para isso se crie um suporte, como mostrado na figura 8.

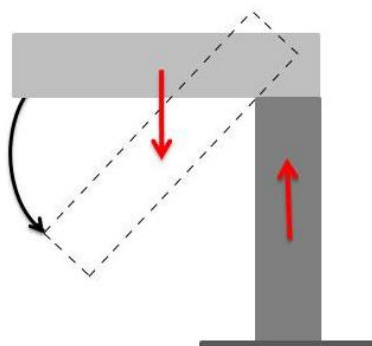


Figura 8 - suporte na viga
Fonte: Rebello (2009)

Nestas condições, o equilíbrio ainda não é alcançado já que a barra tende a continuar movimentando-se, só que agora girando em torno do seu suporte. Para evitar o giro podemos criar outro suporte, como mostra a figura 9.

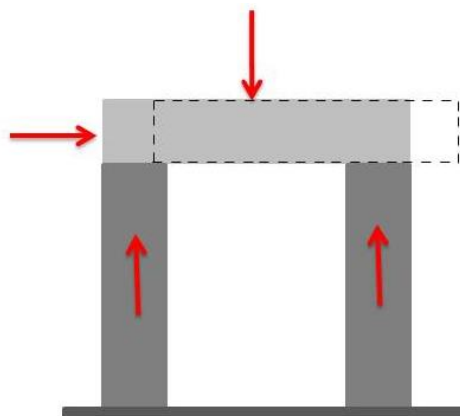


Figura 9 - viga com dois suportes

Fonte: Rebello (2009)

Nestas condições, a barra não irá movimentar-se na vertical e nem girar. Ainda assim o equilíbrio estático da barra não está garantido, já que a aplicação de uma força horizontal poderá deslocá-la nessa direção. Para evitar esse movimento pode ser colocada, num dos suportes, uma trava, como mostrado na figura 10.

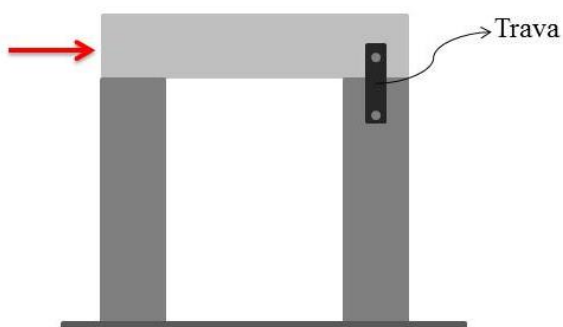


Figura 10 - Suporte com trava

Fonte: Rebello (2009)

Dessa maneira, qualquer que seja a força que atue sobre a barra, desde que no seu plano, ela permanecerá indeslocável, ou seja, em equilíbrio estático. Portanto, para um elemento estrutural estar em equilíbrio estático no seu plano é condição necessária e suficiente que ele não ande na vertical, não ande na horizontal e nem gire. Estas são as três condições

mínimas necessárias para que ocorra o equilíbrio estático no plano. Este raciocínio pode ser extrapolado para o espaço.

2.19. EQUILÍBRIO INTERNO DAS VIGAS – CÁLCULO DO MOMENTO FLETOR E ESFORÇO CORTANTE PARA VIGA BI APOIADA

2.19.1. FORÇA CORTANTE E MOMENTO FLETOR EM VIGAS BI APOIADAS SEM BALANÇOS

2.19.1.1. Cargas concentradas

Pode-se generalizar os resultados para força cortante e para momento fletor (figura 11).

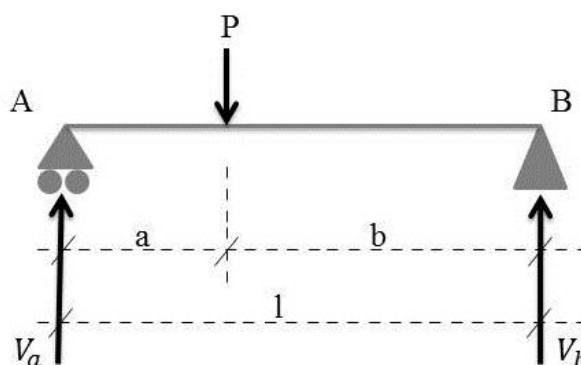


Figura 11 - viga biapoiada com carga concentrada

Fonte: Rebello (2009)

$$V_a = \frac{P \cdot b}{l} = Q_A$$

$$V_b = \frac{P \cdot a}{l} = Q_B$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{P \cdot b \cdot a}{l}$$

Onde, Q_A e Q_B são as forças cortantes máximas que ocorrem nos apoios e são iguais às reações.

Gráficos de força cortante e momento fletor (figura 12).

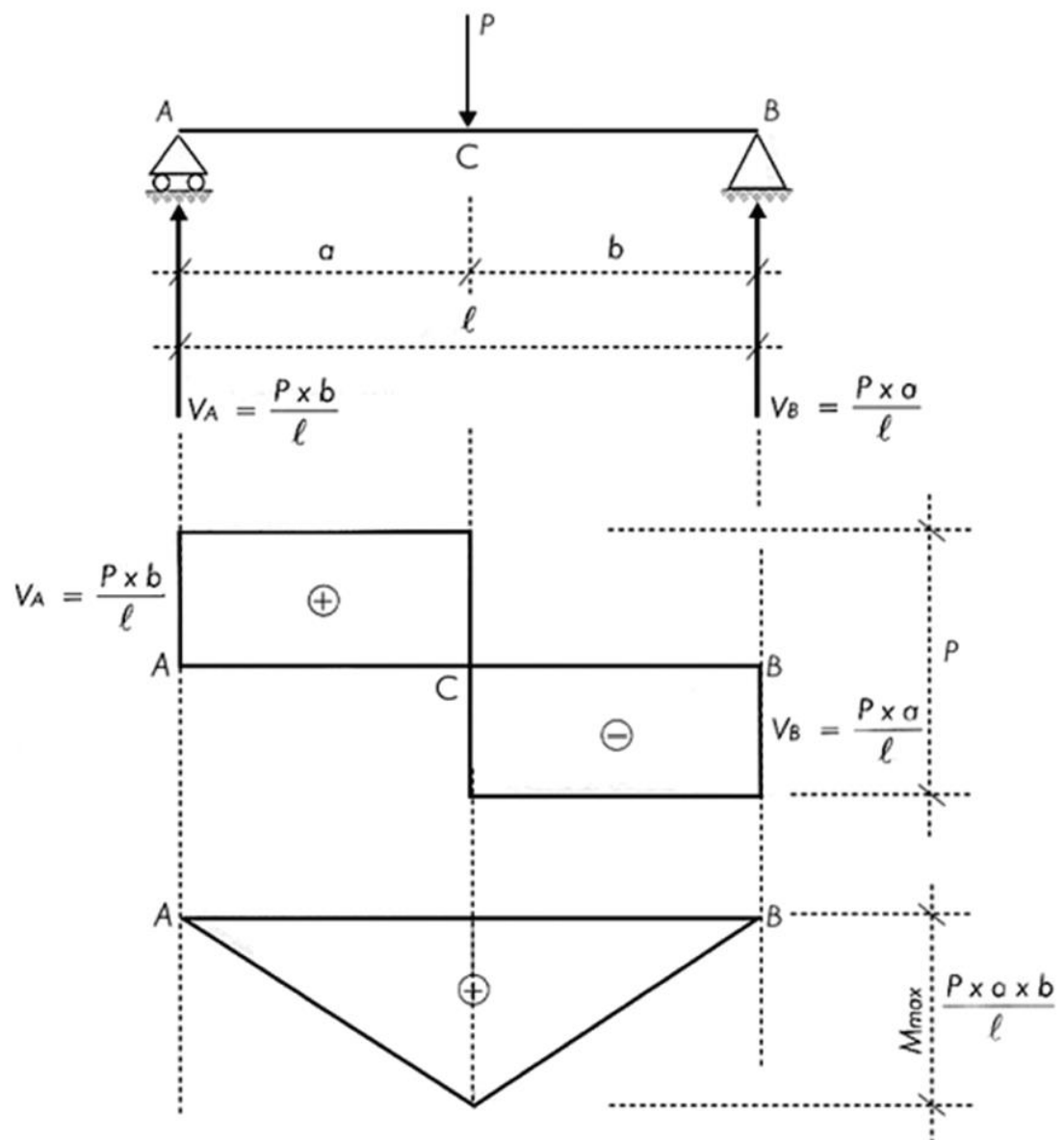


Figura 12 - diagramas da viga biapoiada com carga concentrada

Fonte: Rebello (2009)

2.19.1.2. CARGAS DISTRIBUÍDAS

Pode-se generalizar os procedimentos para uma carga uniformemente distribuída q e um vão qualquer ℓ (figura 13).

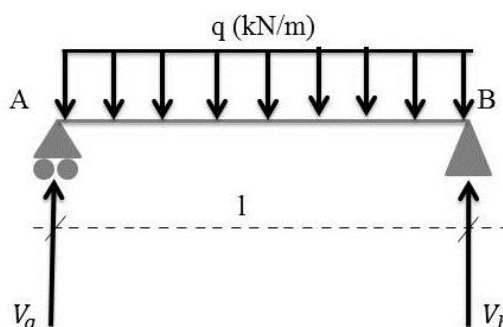


Figura 13- viga biapoiada com carga distribuída

Fonte: Rebello (2009)

$$V_a = V_b = \frac{q \cdot l}{2} = Q_A = Q_B$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

2.20. AÇO

2.20.1. DEFINIÇÕES

Pfeil e Pfeil (2013) dizem que as formas mais usuais de metais ferrosos são o aço, o ferro fundido e o ferro forjado, sendo o aço, atualmente, o mais importante dos três.

O aço e o ferro fundido são ligas de ferro e carbono, com outros elementos de dois tipos: elementos residuais recorrentes do processo de fabricação, como silício, manganês, fósforo e enxofre, e elementos adicionados com intuito de melhorar as características físicas e mecânicas do material denominados elementos de ligas.

Segundo Chiaverini, (1996, citado por Pfeil e Pfeil, 2013) o aço é a liga ferro-carbono em que o teor de carbono varia desde 0,008% até 2,11%. O carbono aumenta a resistência do aço, porém o torna mais frágil. Os aços com baixo teor de carbono têm menor resistência à tração, porém são mais dúcteis. As resistências à ruptura por tração ou compressão dos aços utilizados em estruturas são iguais, variando entre amplos limites, desde 300 Mpa até valores acima 1200 Mpa.

Em função da presença, na composição química, de elementos de liga e do teor de elementos residuais, os aços são classificados em aços-carbono, que contêm teores normais de elementos residuais, e em aços-liga, que são aços-carbono acrescidos de elementos de ligas ou apresentando altos teores de elementos residuais.

O ferro fundido comercial contém 2,0% a 4,3% de carbono. Tem boa resistência à compressão (mínimo de 500 MPa), porém a resistência à tração é apenas cerca de 30% da primeira. Sob efeito de choques, mostra-se quebradiço (frágil).

2.20.2. TIPOS DE AÇO ESTRUTURAIS

Pfeil e Pfeil (2013) afirmam que, segundo a composição química, os aços utilizados em estruturas são divididos em dois grupos: Aços carbono e aços de baixa liga. Os dois tipos podem receber tratamentos térmicos que modificam suas propriedades mecânicas.

2.20.2.1. AÇO-CARBONO

Segundo Pfeil e Pfeil (2013) os aços carbonos são os tipos mais usados, nos quais o aumento na resistência em relação ao ferro puro é produzido pelo carbono e, em menos escala, pelo manganês. Eles contêm as seguintes porcentagens de elementos adicionais (tabela 1).

Tabela 1- Porcentagens de elementos adicionais

Carbono	2,0%	Manganês	1,65%
Silício	0,60%	Cobre	0,35%

2.20.2.2. AÇO DE BAIXA LIGA

Segundo Pfeil e Pfeil (2013), os aços de baixa liga são aços-carbono acrescidos de elementos de liga (cromo colúmbio, cobre, manganês, molibdênio, níquel, fósforo, vanádio, zircônio), os quais melhoram algumas propriedades mecânicas

2.20.3. PERFIS LAMINADOS

Segundo Pfeil e Pfeil (2013), os laminadores produzem perfis de grande eficiência estrutural, em forma de H, I, C, L, os quais são denominados corretamente perfis laminados (figura 14).

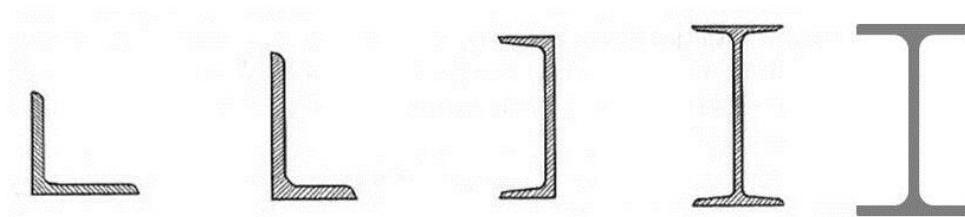


Figura 14- Perfis Laminados

Fonte: Pfeil e Pfeil (2013)

Os perfis H, I e C são produzidos em grupos, sendo os elementos de cada grupo de altura h constante e largura das abas b variável. A variação da largura se obtém aumentando o espaçamento entre os rolos laminadores de maneira que a espessura da alma tem variação igual à da largura das abas.

Na indústria norte-americana são usadas as seguintes nomenclaturas de perfis (figura 14):

Perfil I – S (*standard beam*), com mesas de faces internas inclinadas

Perfis tipos I aba larga e H – W (*wide flange*), com mesas de faces paralelas

– HP, com mesas de faces paralelas ou espessura constante.

3. MÉTODOS DE ANÁLISES

Será feito um estudo comparativo de como vigas de aço se comportarão com a dimensão de sua seção transversal, esse comportamento estará relacionado com a deformação, tensão, esforço cortante e momento fletor de cada viga, onde o universo de amostra será as seções dos seis modelos de vigas (W150X13, W200X15, W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8). Os dados são provenientes do software SAP2000 (1995). Sendo que esses dados serão analisados através de simulação numérica e esta simulação será feita através de gráficos pra melhor mostrar os resultados.

A viga a ser estudada pelo trabalho apresenta um perfil I e compõe a parte central do mezanino e no trabalho será variado a seção da viga para se obter a deformação, o esforço cortante, o momento fletor e a tensão. Segundo a NBR 6120, as cargas que atuam na viga são: o peso próprio da viga, a peso da laje e a sobrecarga. Sendo o peso próprio determinada para cada perfil, o peso da laje será obtido através da multiplicação do lado menor da área de influência pela carga da laje. Como a laje é de painel wall e ela é pré-moldada, assim, a área de influencia é metade de cada vão (figura 15). E a sobrecarga utilizada foi à adequada para a utilização de mezanino como escritório, que segundo Rebello (2005) é 250 kgf/m².

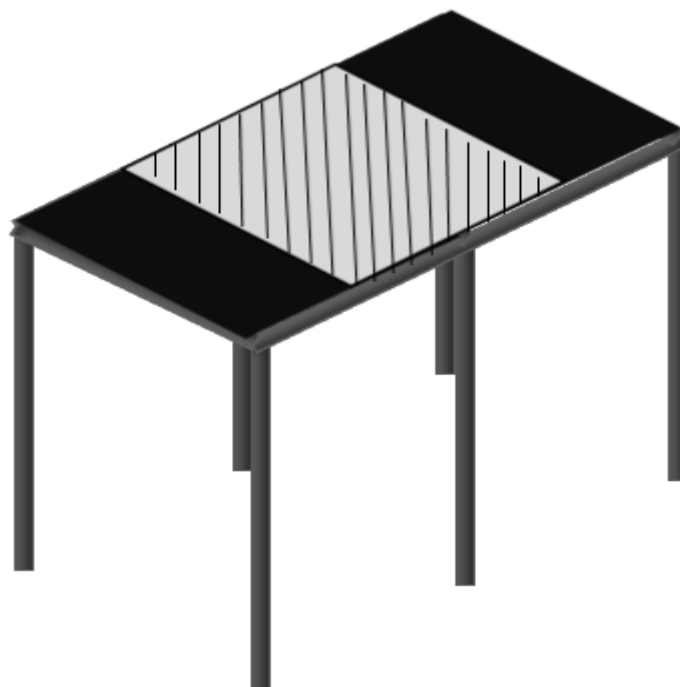


Figura 15- Área de influencia da laje

Fonte: Autoria própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho foi estudada uma viga de aço localizada no centro de um mezanino (figuras 15 e 16), o qual terá como laje o painel wall que funcionará como escritório e o perfil estudado foi o perfil I, onde utilizou-se seis seções diferentes sendo elas: W150X13, W200X15, W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8. Para cada seção serão obtidos os seguintes dados: reações de apoio, esforço cortante, momento fletor máximo e a sua deformação. Esses dados serão obtidos de duas maneiras, analiticamente e através do software SAP2000 (1995), no qual essas informações serão comparadas e analisadas.



Figura 16- modelo ilustrativo do mezanino.

Fonte: Mezaninos metálicos (2014)

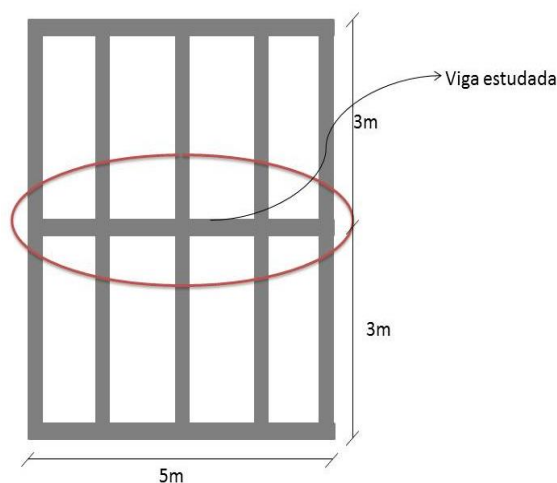


Figura 17- modelo ilustrativo da viga no mezanino

Fonte: autoria própria

4.1. DADOS DOS PERFIS

Na tabela 2 mostra-se todas as dimensões dos perfis das vigas estudadas.

Tabela 2- Dados dos perfis

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear Kg/m	d mm	b _f mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X		
				t _w mm	t _r mm				I _x	W _x	r _x
				mm	mm				cm ⁴	cm ³	cm
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,2
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8358	479,0	14,09
W 410 x 38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	12777	640,5	15,94

Fonte: Tabela Perfil Laminado I e H (2013)

4.2. VIGA W150X13:

Na figura 18 mostra a viga W150X13 em 3D:

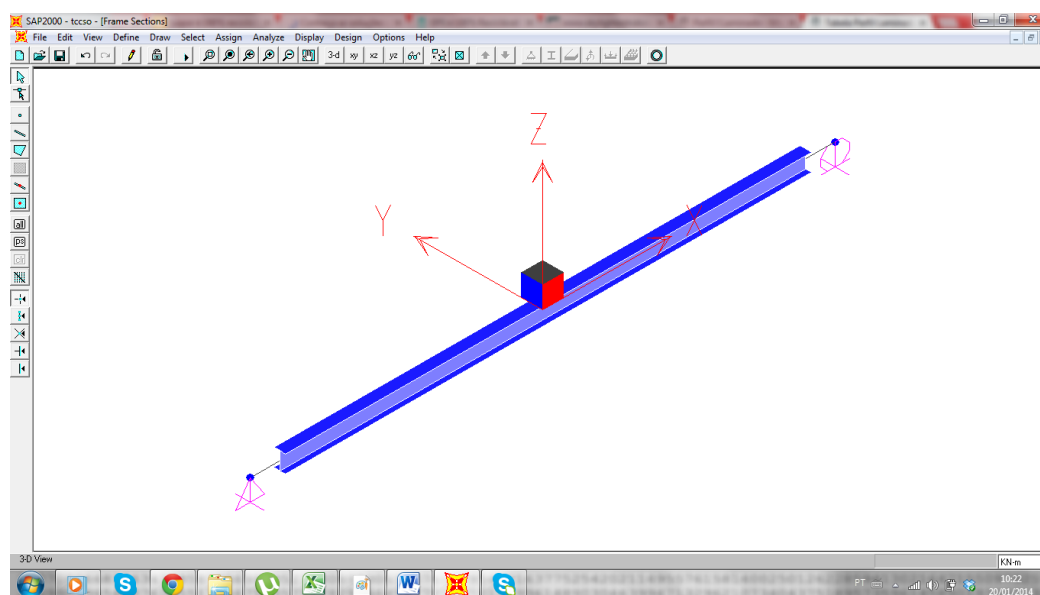


Figura 18- viga W 150x13

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W150X13 (tabela 3):

Tabela 3- viga W 150x13

Reações de apoio	16,48 kN
Esforço cortante máximo	16,48 kN
Momento fletor máximo	20,60 kN.m
Deformação máxima	4,542 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 19) e momento fletor (figura 20).

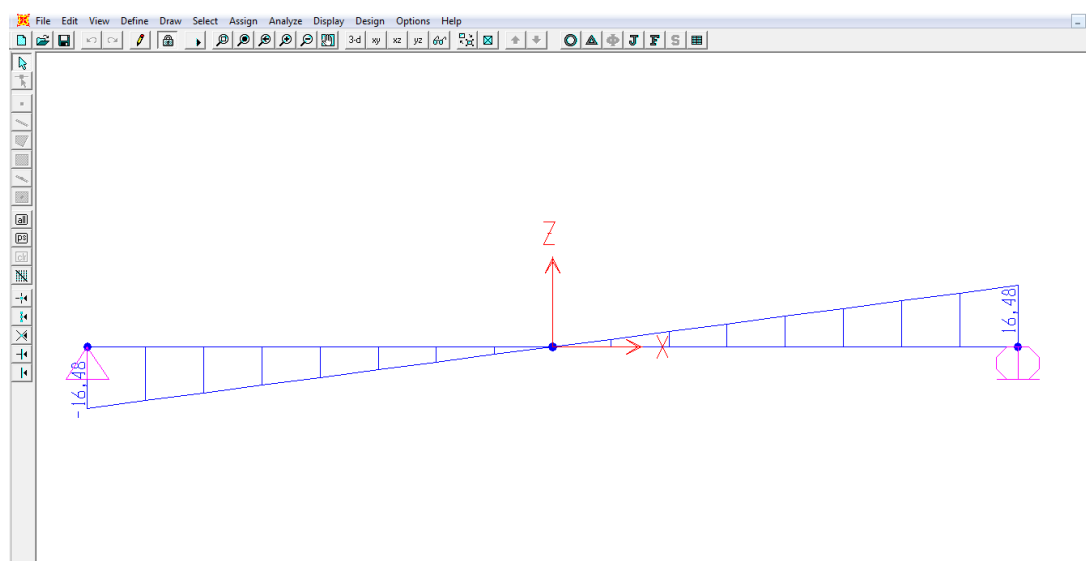


Figura 19 - diagrama esforço cortante (W 150x13)

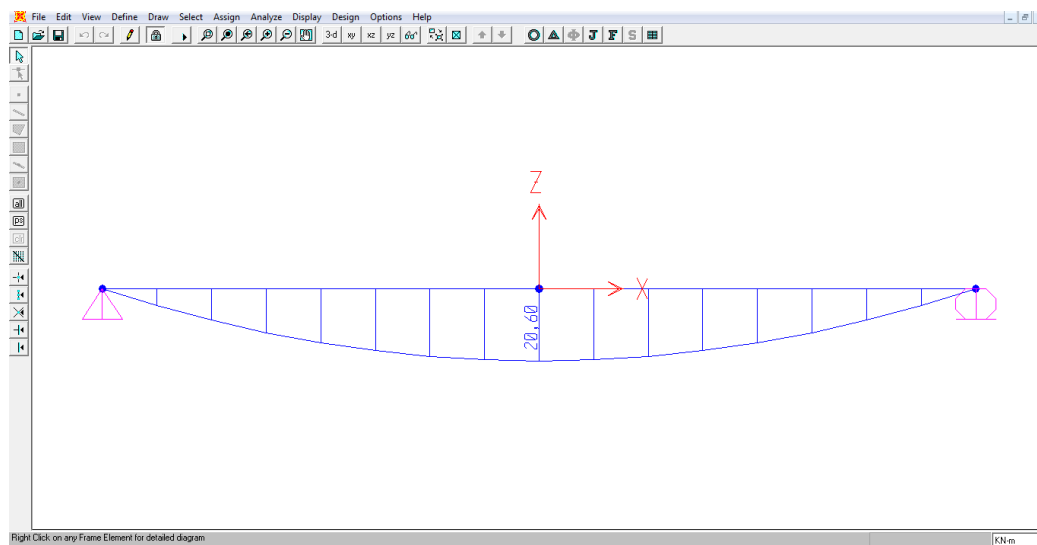


Figura 20 - diagrama momento (W 150x13)

4.3. VIGA W200X15:

Na figura 21 mostra a viga W200X15 em 3D:

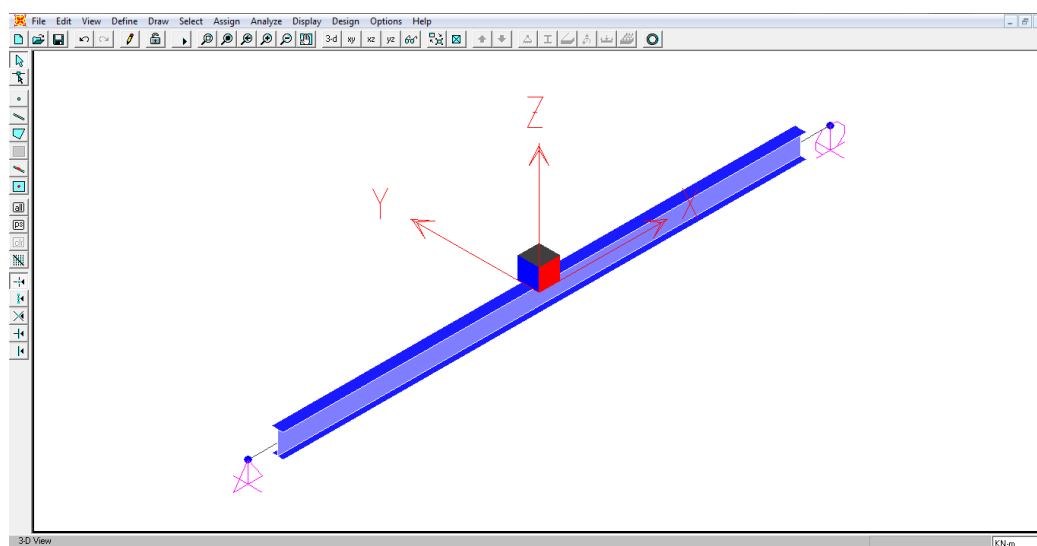


Figura 21 - viga W 200x15

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W200X15 (tabela 4):

Tabela 4 - viga W 200x15

Reações de apoio	16,54 kN
Esforço cortante máximo	16,54 kN
Momento fletor máximo	20,67 kN.m
Deformação máxima	2,219 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 22) e momento fletor (figura 23).

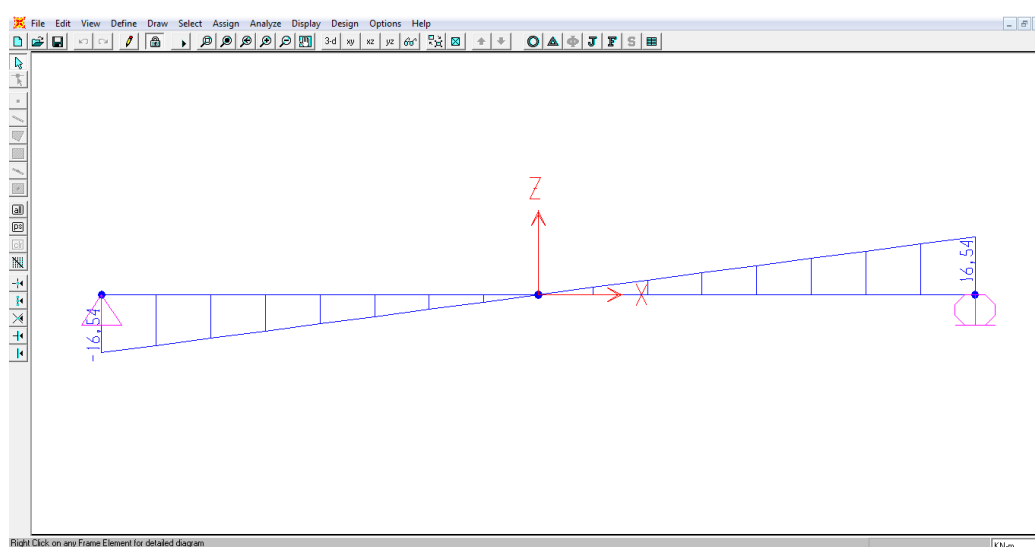


Figura 22 - diagrama cortante (W 200x15)

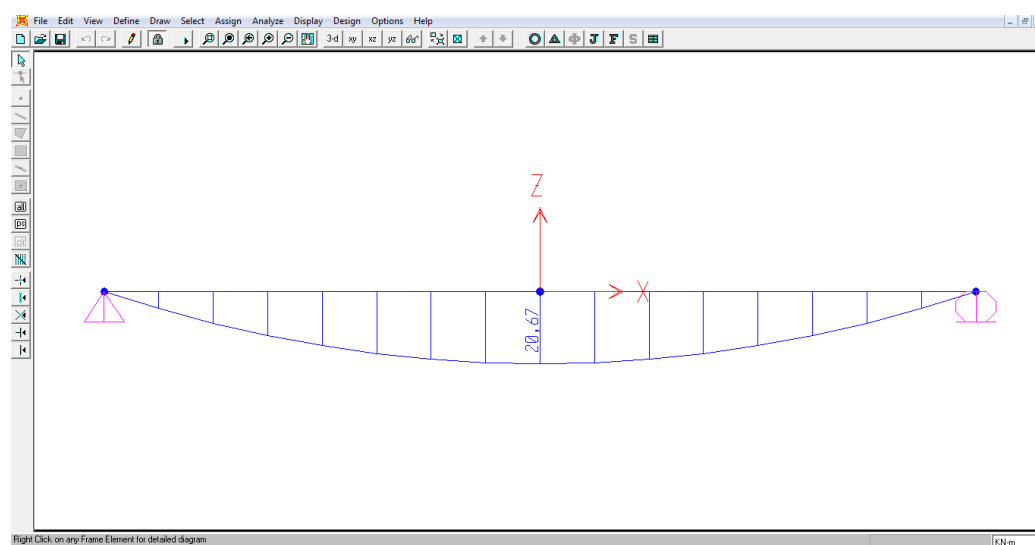


Figura 23 - diagrama momento fletor (W 200x15)

4.4. VIGA W250X17,9:

Na figura 24 mostra a viga W250X17,9 em 3D:

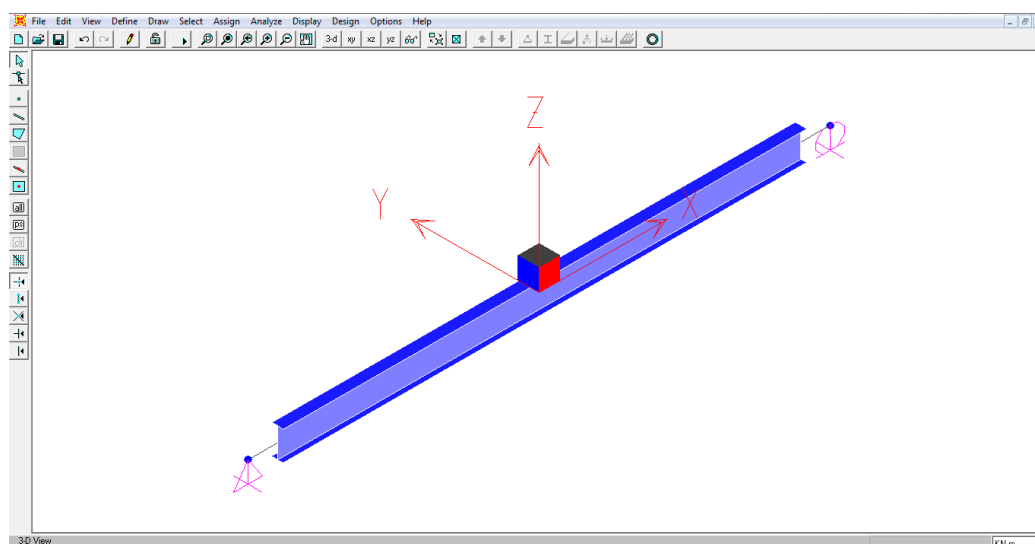


Figura 24 - viga W 250x17,9

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W250X17,9 (tabela 5):

Tabela 5- viga W 250x17,9

Reações de apoio	16,61 kN
Esforço cortante máximo	16,61 kN
Momento fletor máximo	20,76 kN.m
Deformação máxima	1,268 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 25) e momento fletor (figura 26).

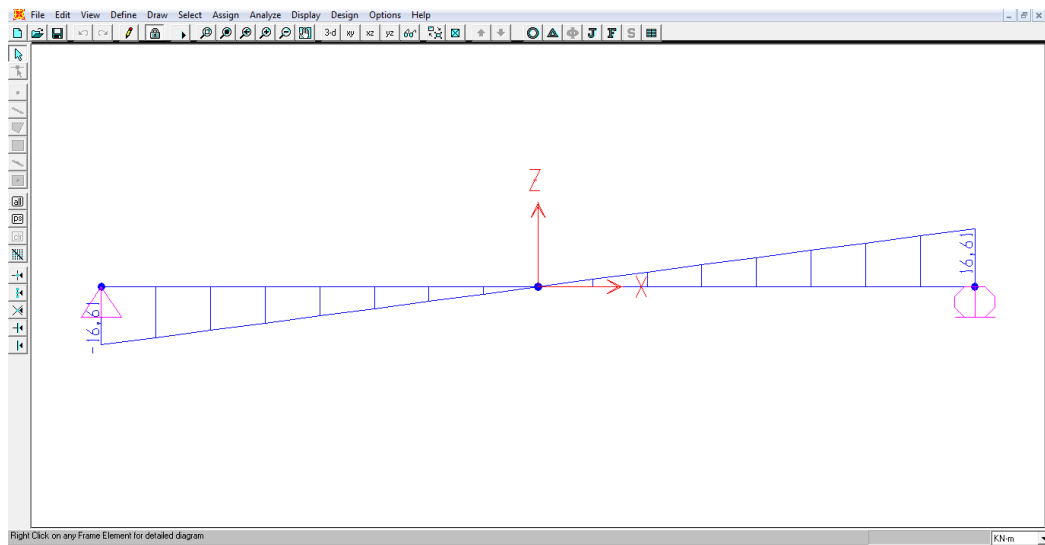


Figura 25 - diagrama cortante (W 250x17,9)

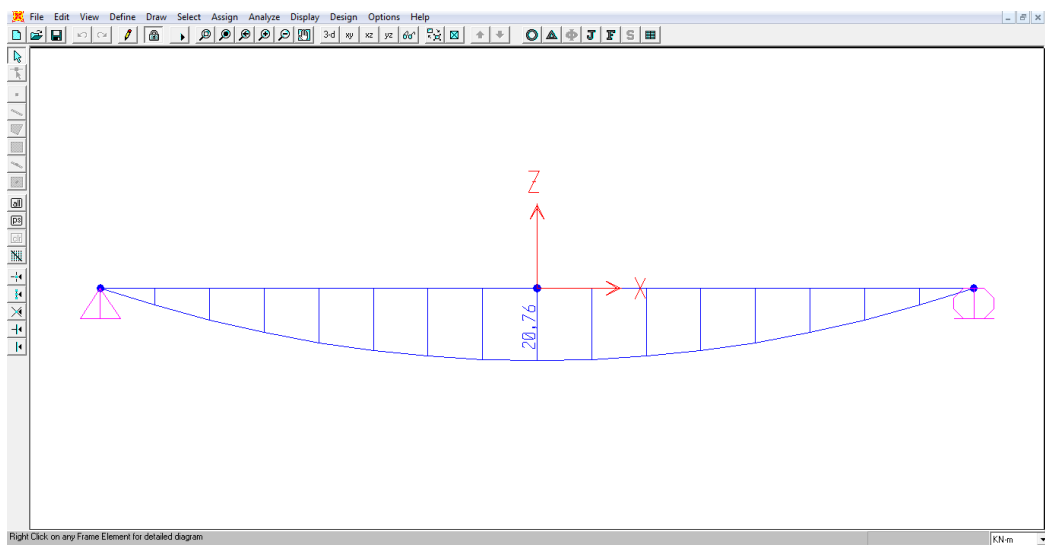


Figura 26 - diagrama momento fletor (W 250x17,9)

4.5. VIGA W310X21:

Na figura 27 mostra a viga W310X21 em 3D:

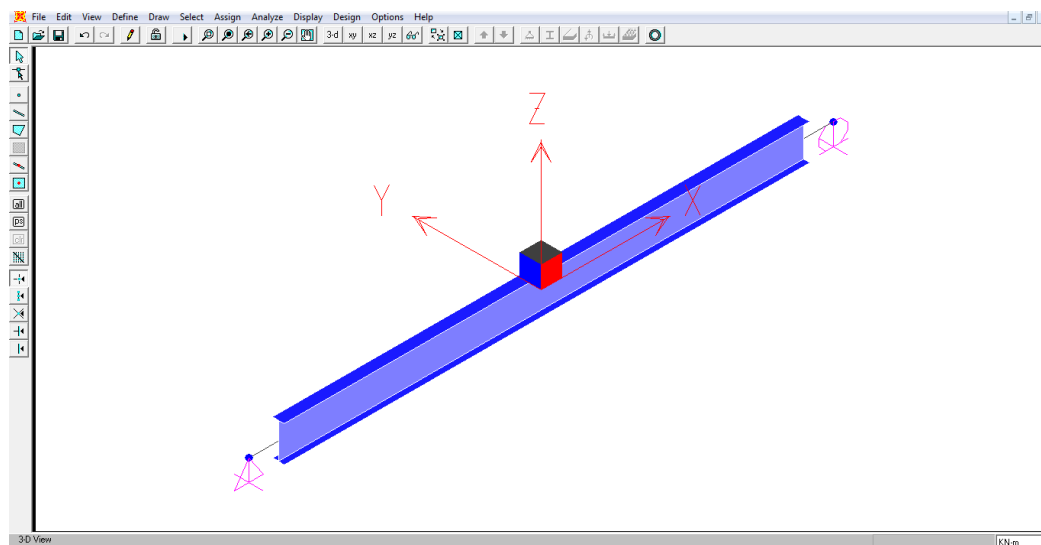


Figura 27 - viga W 310x21

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W310X21 (tabela 6):

Tabela 6- viga W 310x21

Reações de apoio	16,69 kN
Esforço cortante máximo	16,69 kN
Momento fletor máximo	20,86 kN.m
Deformação máxima	0,773 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 28) e momento fletor (figura 29).

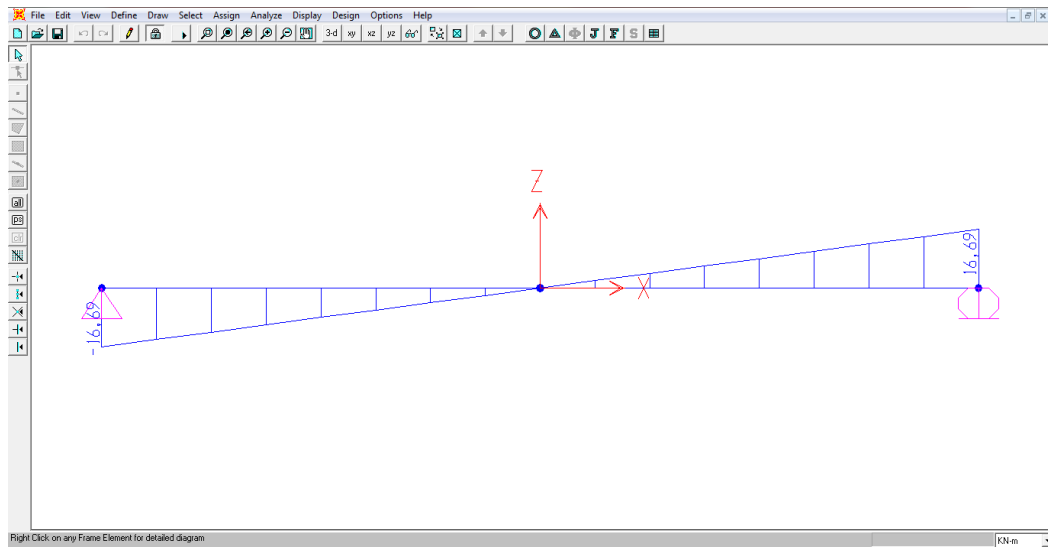


Figura 28 - diagrama cortante (W 310x21)

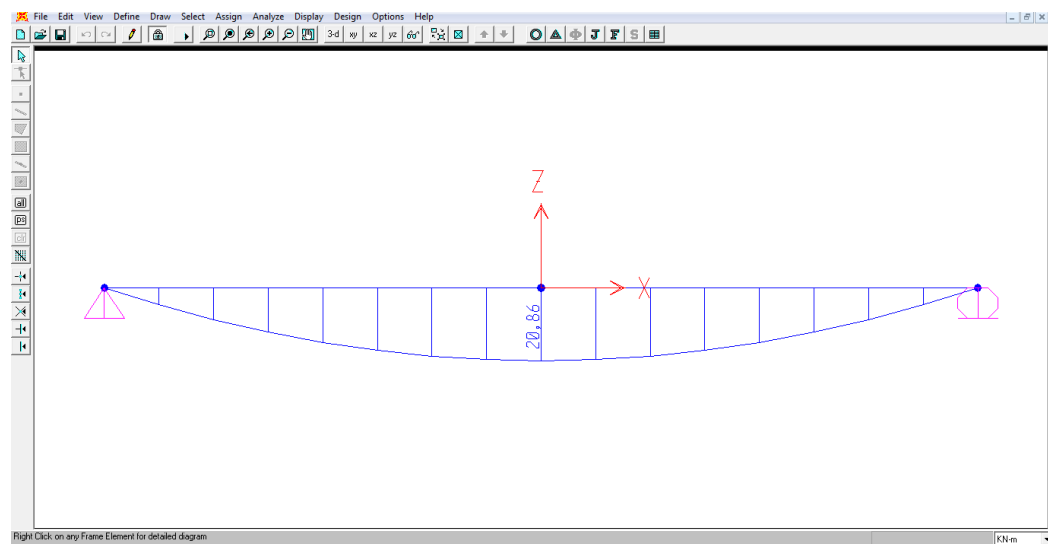


Figura 29 - diagrama momento fletor (W 310x21)

4.6. VIGA W360X32,9:

Na figura 30 mostra a viga W360X32,9 em 3D:

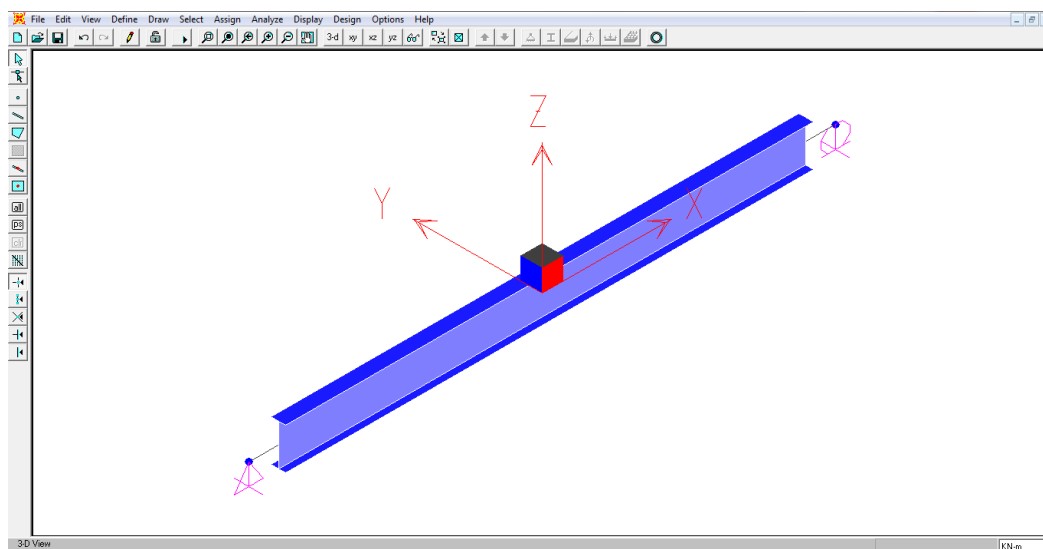


Figura 30 - viga W 360x32,9

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W360X32,9 (tabela 7):

Tabela 7- viga W 360x32,9

Reações de apoio	16,96 kN
Esforço cortante máximo	16,96 kN
Momento fletor máximo	21,21 kN.m
Deformação máxima	0,358 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 31) e momento fletor (figura 32).

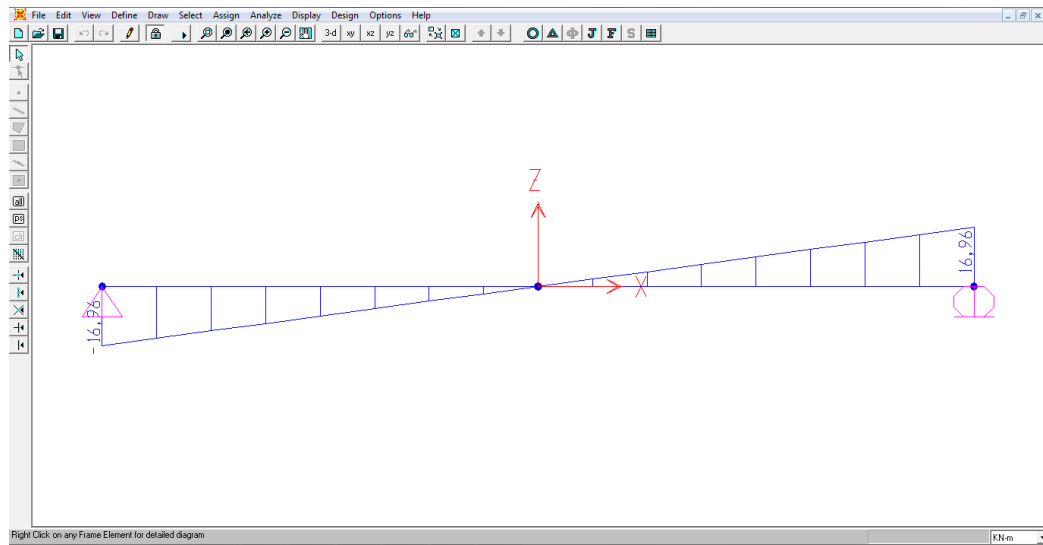


Figura 31 - diagrama cortante (W 360x32,9)

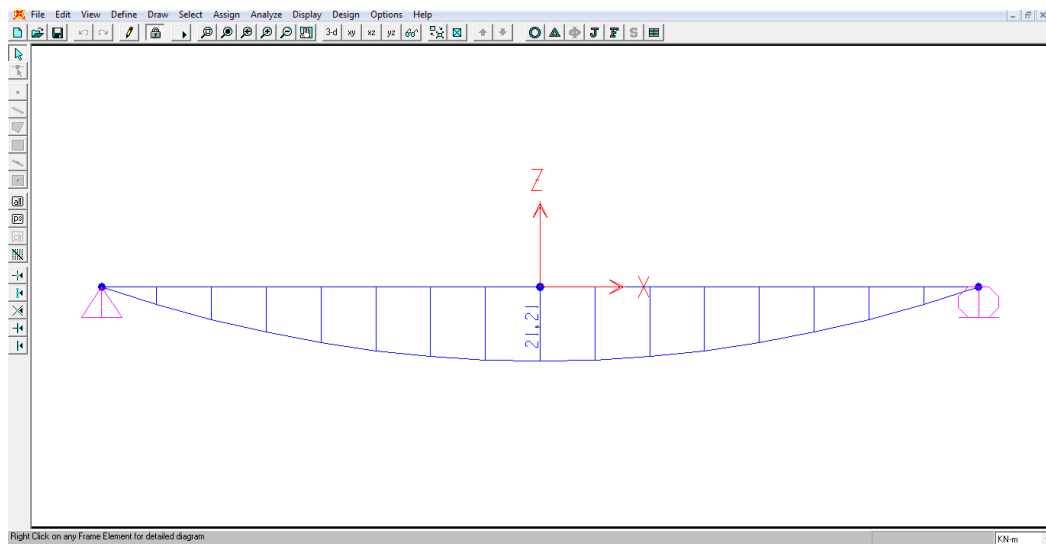


Figura 32 - diagrama momento fletor (W 360x32,9)

4.7. VIGA W410X38,8:

Na figura 33 mostra a viga W410X38,8 em 3D:

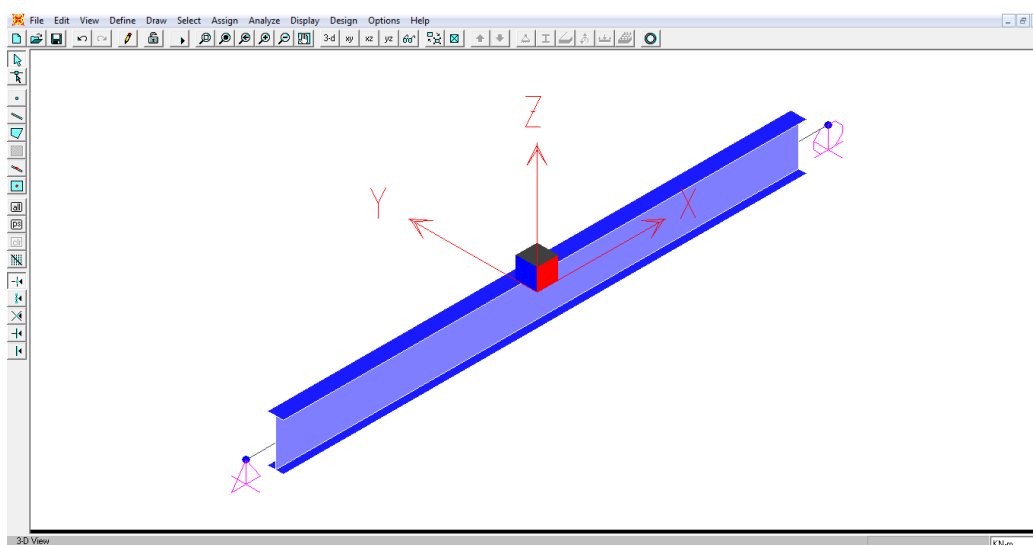


Figura 33 - viga W 410x38,8

- **Dados obtidos pelo software**

Através do software obtiveram-se os seguintes resultados para a seção da viga W410X38,8 (tabela 8):

Tabela 8- viga W 410x38,8

Reações de apoio	17,12 kN
Esforço cortante máximo	17,12 kN
Momento fletor máximo	21,40 kN.m
Deformação máxima	0,237 cm

A seguir, apresentam-se os diagramas do esforço cortante (figura 34) e momento fletor (figura 35).

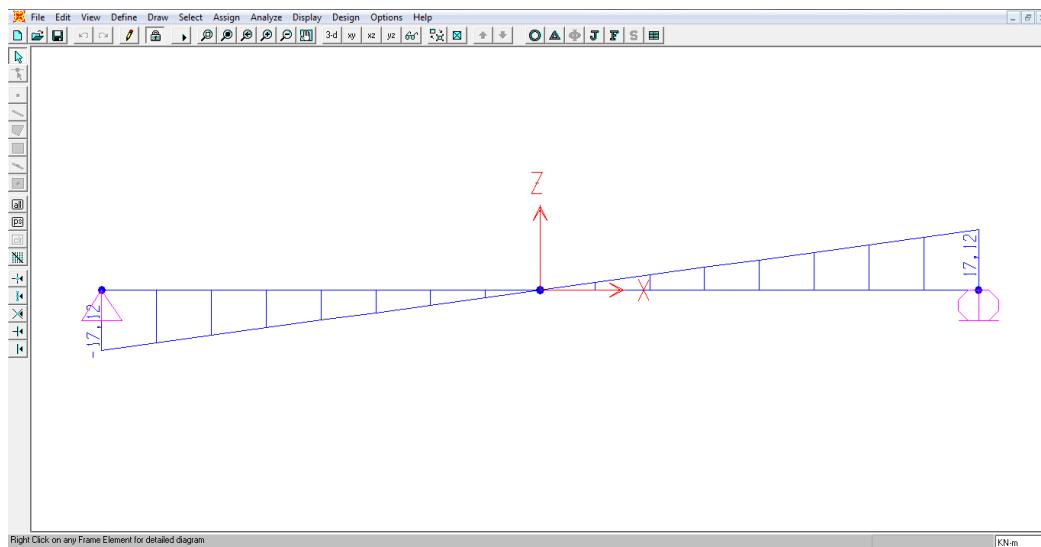


Figura 34 - diagrama cortante (W 410X38,8)

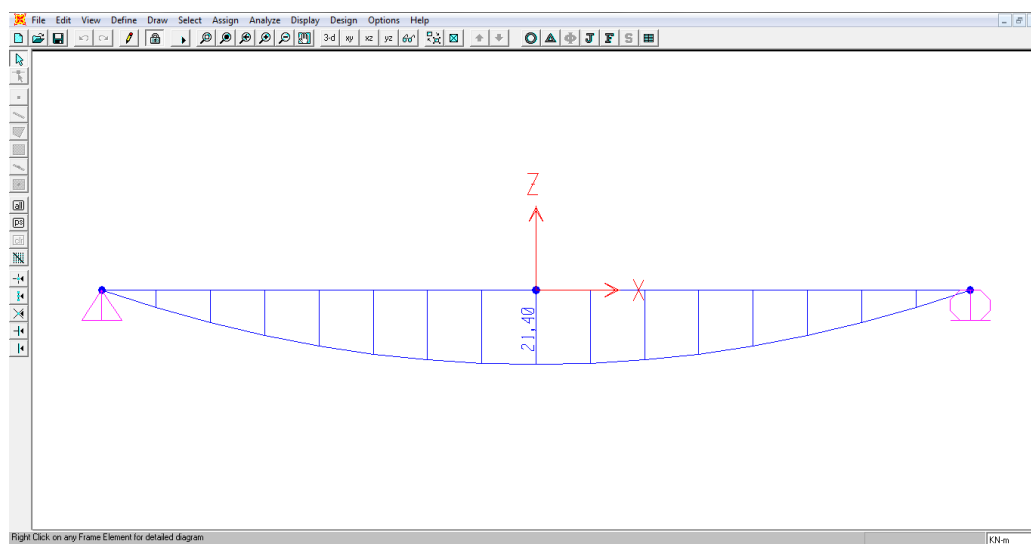


Figura 35 - diagrama momento fletor (W 410X38,8)

4.8. DADOS OBTIDOS ANALITICAMENTE:

Ao calcular todas as deformações e tensões analiticamente têm-se os seguintes resultados mostrados na tabela 9:

Tabela 9- Deformações e tensões obtidas analiticamente

Seções das vigas	Deformações (cm)	Tensões (MPa)
W150X13	4,22	240,94
W200X15	2,06	158,39

W250X17,9	1,18	113,69
W310X21	0,72	83,71
W360X32,9	0,33	44,28
W410X38,8	0,22	33,41

Com a comparação dos resultados das deformações obtidas analiticamente e pelo software observa-se um erro médio de 7,3% (figura 36), também ao analisar a figura 35 observa-se que as deformações analíticas são menores que as deformações obtidas pelo software. Isso se deve ao fato do software não considerar a curvatura da viga, pois os cálculos feitos analiticamente usaram-se os dados já tabelados que considera o perfil com certa curvatura.

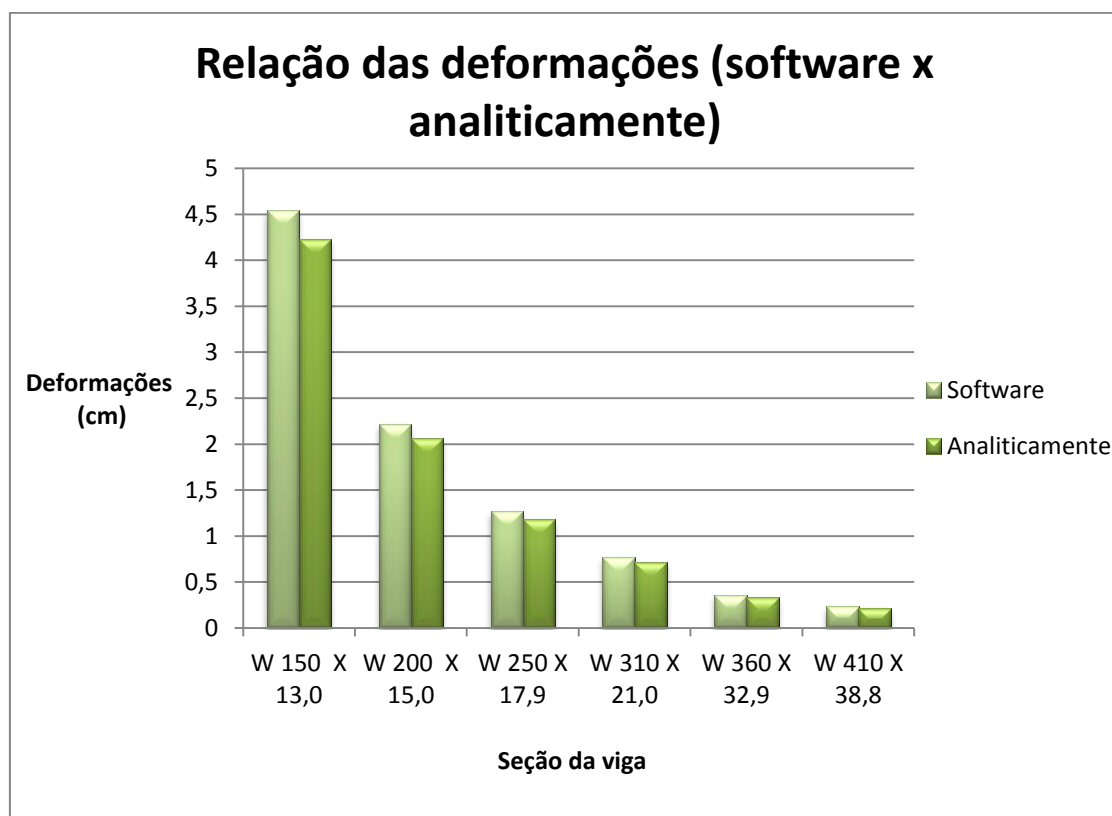


Figura 36 - Relação das deformações (software x analiticamente).

Os resultados das reações de apoio, dos momentos fletores e dos esforços cortantes obtidos analiticamente não divergiram dos dados obtidos pelo software SAP2000 (1995).

4.9. ANÁLISES:

Para projetar uma viga ideal, tem que se levar em conta alguns fatores: esforço cortante, momento fletor, deformação, ruptura e a economia.

4.9.1. ESFORÇO CORTANTE

Na figura 37 verifica-se que ao aumentar a seção da viga, também aumenta o esforço cortante dela, isso se deve pelo fato de que, com o aumento da seção o seu peso próprio também irar aumentar ocasionando assim maior esforço cortante.

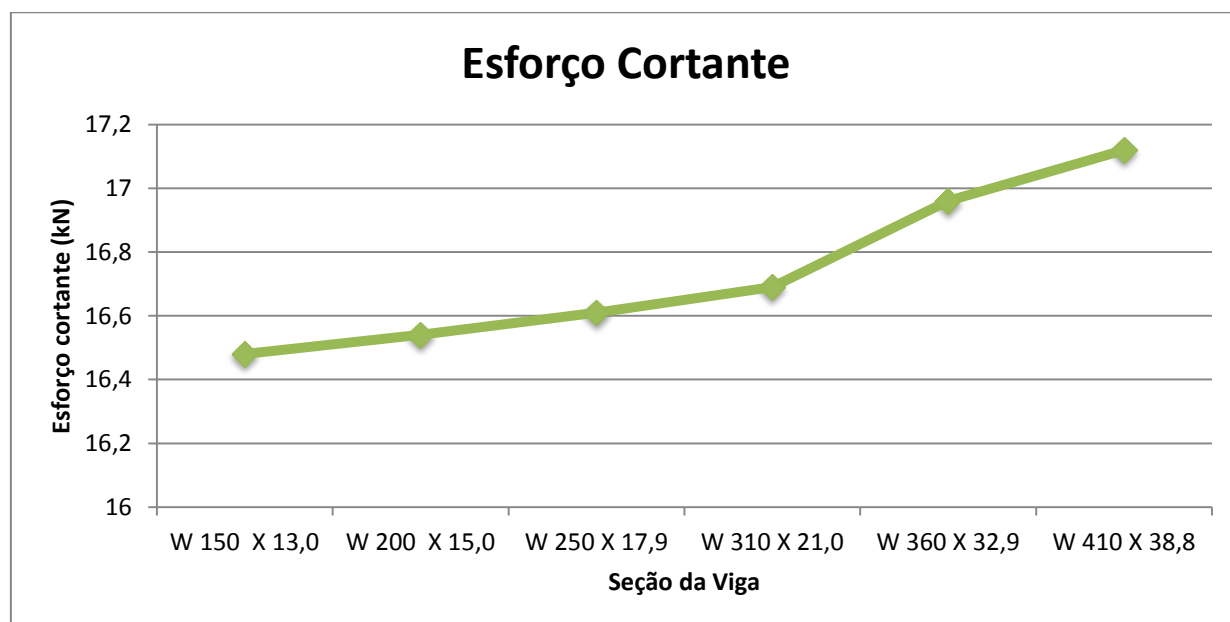


Figura 37 - Gráfico da evolução do esforço cortante com a seção

4.9.2. MOMENTO FLETOR

Na relação da seção da viga com o momento fletor, mostra-se que eles são diretamente proporcionais. isso acontece pelo fato de aumentar da o perfil também haver um aumento no peso próprio da viga, ocasionando um maior momento fletor, como mostra a figura 38.

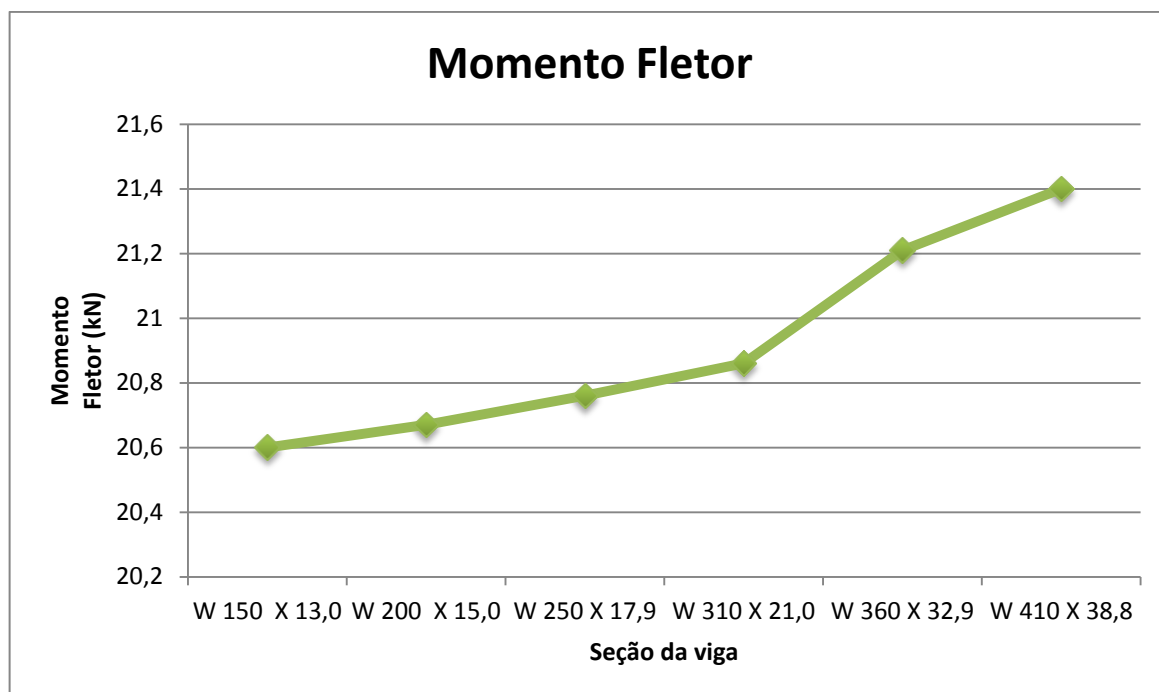


Figura 38 - Gráfico da evolução do momento fletor com a seção

4.9.3. DEFORMAÇÃO

Analisando a figura 39, observa-se que a deformação é inversamente proporcional ao modelo da viga, assim quanto maior for o perfil menor será sua deformação, pois a mesma é inversamente proporcional ao momento de inércia (I). Logo, com o aumento do perfil há um aumento do momento de inercia, ocorrendo assim uma diminuição da deformação.

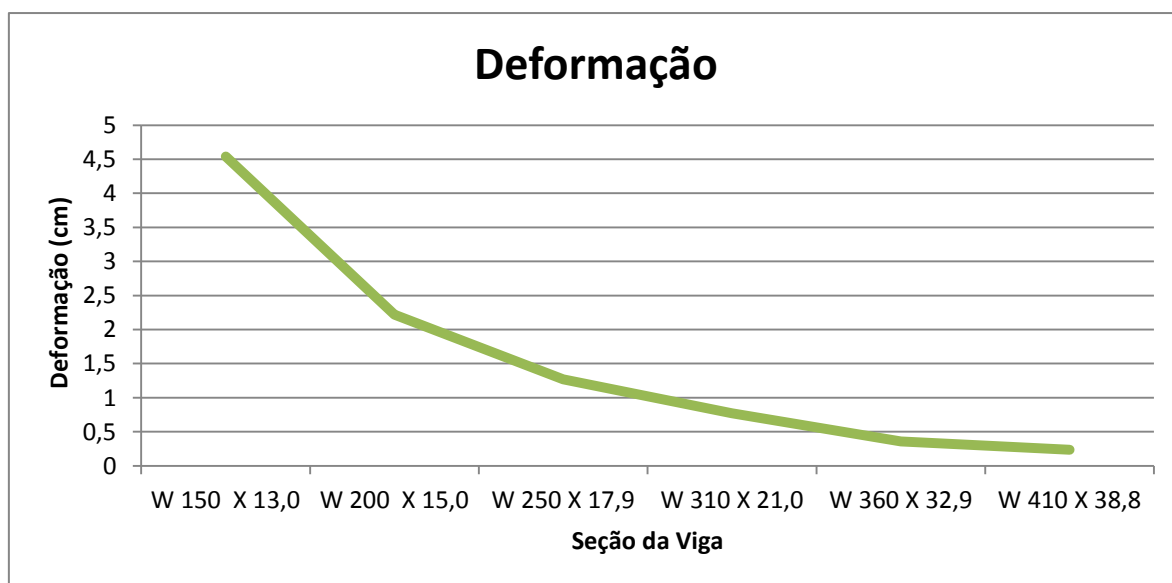


Figura 39 - Gráfico da evolução da deformação com a seção

Segundo Rebello (2005), para esta análise precisa ser feita a verificação das deformações que devem ser limitadas a $l/360$, onde l é o vão da viga. Logo, neste trabalho as deformações não podem passar de 1,39 cm, assim, os perfis W 150x13 e W 200x15 estão fora da margem permitida, pois apresentam deformações superiores à admissível, sendo respectivamente 4,542 cm e 2,219 cm. Os outros quatro perfis: W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8, apresentam respectivamente as seguintes deformações em centímetros: 1,268; 0,773; 0,358 e 0,237.

4.9.4. RUPTURA

Uma maneira de se projetar uma viga é analisando sua tensão, sendo que ela tem que ser menor que a tensão admissível do aço. Esta tensão admissível Rebello (2005) mostra que é calculada através da tensão de escoamento sobre 1,7, e como a viga é de aço “ASTM A 572 grau 50” e segundo a GERDAL sua tensão de escoamento é de 345 MPa. Logo a tensão admissível será de aproximadamente 200 MPa.

Na figura 40 percebe-se que ao aumentar o perfil da viga a tensão diminui. Isso acontece porque a tensão é inversamente proporcional ao módulo de resistência (W) e ao aumentar a seção este módulo aumenta ocasionando assim uma diminuição na tensão.

A viga W150x13 apresenta uma tensão de 244 MPa, que supera a tensão admissível que é de 200 MPa, portanto os perfis: W200X15, W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8 apresentam tensões (MPa) menores que a admissível, sendo respectivamente: 158,39; 113,69; 83,71; 44,28 e 33,41.

4.9.5. ECONOMIA

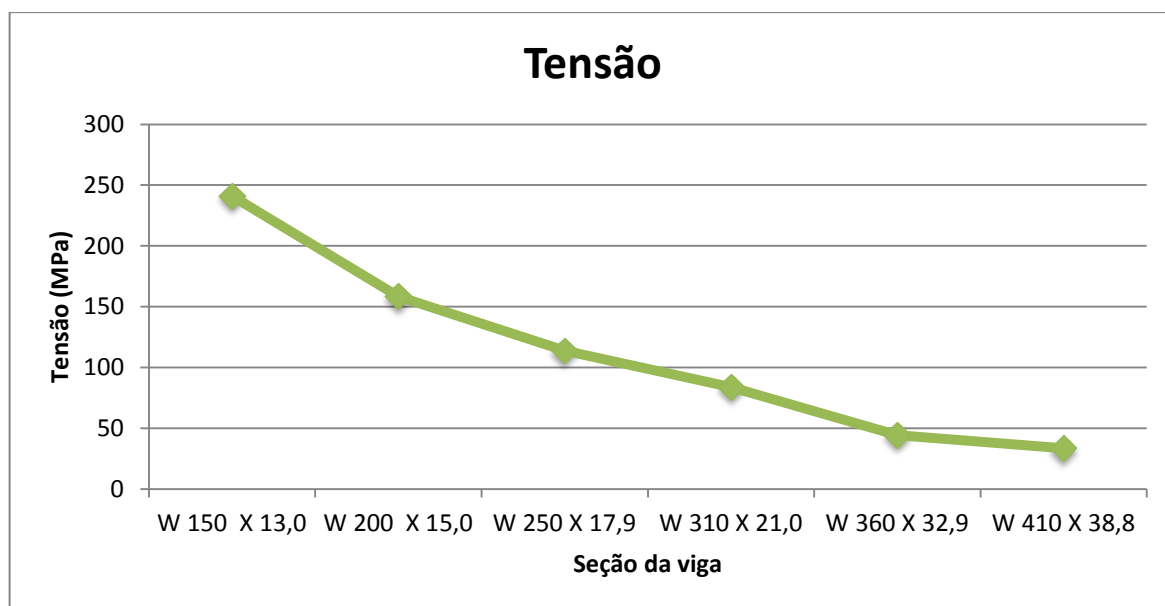


Figura 40 - Gráfico da evolução da tensão com a seção

Como os preços das vigas estão diretamente relacionados com a área da seção, o menor perfil será o mais viável. Mas este fator só deve ser analisado em último caso, pois, primeiramente, deve-se analisar as deformações e, posteriormente, as tensões das vigas.

5. CONCLUSÃO

Como o software SAP2000 foi a ferramenta de cálculo para este trabalho, conclui-se que ele apresenta um bom desempenho pois todos os resultados (reações de apoio, esforço cortante e momento fletor) convergiram com os valores calculados manualmente. Apesar de a deformação apresentar certa divergência de aproximadamente 7%, isso ocorreu por motivo de o software considerar o perfil I sem curvatura.

Ao analisar a relação do esforço cortante e o momento fletor das vigas, viu-se que, ao aumentar a seção, esses dois fatores também aumentam, ou seja, eles são diretamente proporcionais. Isso ocorre porque com o aumento da seção transversal o peso próprio aumenta.

Em relação à deformação e à tensão de cada perfil, verificou-se que esses dois fatores são os mais preponderantes porque não deve levar em consideração apenas o lado econômico, pois este só é analisado em terceiro caso, ou seja, quando a viga atente a deformação e a tensão. Nesses critérios a viga de perfil W 250x17,9 é a que acata a esses dois fatores e é também a que tem menor valor econômico.

Assim, pode-se notar que não se deve projetar uma obra de qualquer maneira, e sim, fazer um estudo para saber o comportamento de cada viga os esforços que estão atuando nela. Pois de primeira mão poder-se-ia pegar o menor perfil, pois é o mais barato entre todos e projetar o mezanino, só que viu-se a necessidade de estudar a sua deformação e tensão. Logo o perfil W 150x13 ultrapassou a deformação e a tensão admissível, apresentando os seguintes valores respectivamente: 4,22 cm e 240,94 MPa. Já a viga W200x15 apresentou uma deformação de 2,06 cm onde ultrapassou a deformação, mas obteve uma tensão de 158,39 MPa, estando assim, com uma tensão inferior à admissível. Os quatro perfis atenderam esses dois critérios (deformação e tensão admissível): W250X17,9, W310X21, W360X32,9 e W410X38,8; onde apresentaram os seguintes valores para a deformação e tensão respectivamente: 1,18 cm e 113,69MPa, 0,72 cm e 83,71MPa, 0,33 cm e 44,28MPa e 0,22 cm e 33,41MPa. Diante desses dados conclui-se que o melhor perfil a ser usado no mezanino é o perfil W 250X17,9 pois tem deformação e tensão dentro da permitida e também por ter o melhor preço em relação aos perfis que passaram nos dois quesitos.

Portanto, a deformação da viga está diretamente relacionada com a sua seção transversal, pois se pode notar no gráfico da deformação que ao aumentar a seção da viga a

deformação diminuía. Esta mesma conclusão também vale para a ruptura, pois com o aumento do perfil a tensão diminui.

REFERÊNCIAS

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JUNIOR, E. Russell. **Resistência dos Materiais**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 1995.

COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. **SAP2000 Student version 7.40**. Berkeley: University of Avenue, 1995. (Software).

GERE, James M.; GOODNO, Barry J.. **Mecânica dos Materiais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

HIBBELER, Russell Charles. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MEZANINO Metálico. Disponível em: <<http://www.deltametais.com/produtos.html>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

NORMA BRASILEIRA. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

PAINEL Wall. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/painel-wall>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estrutura de aço: Dimensionamento prático**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Estrutura de aço, concreto e madeira: atendimento da expectativa dimensional**. 4. ed. São Paulo: Zigurate Editora, 2005.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Sistemas estruturais em aço na arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2009.

TABELA Perfil Laminado I e H. Disponível em:
<<http://www.metalica.com.br/tabelas/tabela-perfil-laminado-i-e-h>>. Acesso em: 15 dez. 2013.