

## ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO QUANDO SUBMETIDAS A GRANDES VÃOS

Webber Alves Cintra<sup>1</sup>

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Ms. Anderson Fabrício Mendes

**Resumo:** No Brasil e no mundo, é notório o aumento na quantidade de projetos arquitetônicos mais arrojados. Com grandes aberturas e enormes área de claridade, os métodos para se conseguir grandes vãos em estruturas convencionais estão mais presentes nos projetos. O que exige do engenheiro estrutural calcular estruturas cada vez mais esbeltas e com vãos grandes, tornando a arte de engenho, um verdadeiro desafio. Este trabalho tem como objetivo principal apresentar metodologias através de estudos de caso, para a análise e dimensionamento, assim como um estudo do comportamento de vigas de concreto armado quando submetidas a situações de grandes vãos. Munido do software CypeCAD para a análise dos valores de deformações nas vigas, o trabalho fornece resultados empíricos de modo que facilite a tomada de decisão ao enfrentamento de determinadas situações.

**Palavras-chave:** Concreto armado, vigas, deformações em vigas, flechas, grandes vãos.

### 1 Introdução

Le Corbusier (1941), em sua Carta de Atenas, sintetizou e interpretou as conclusões do IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (1933), onde nela, o autor define que o período entre as grandes guerras foi o marco para o Movimento Moderno. Porém, o presente trabalho é um estudo das metodologias para se vencer grandes vãos nas edificações em estrutura de concreto armado. Antes de se chegar nesse ponto, é necessário fazer um resumo de toda a história por de trás dos movimentos na arquitetura que culminaram nas formas atuais de habitação.

Rabello (2000) destaca em seu livro que somente nas revoluções francesas e industriais que, arquitetos como, Carlo Lodi e Abbot Laugier, passaram a exigir dos colegas arquitetos, uma “arquitetura mais honesta”, como assim diziam. Assim, a arte de projetar, seria voltada para a racionalidade e valorização do indivíduo, como defendiam filósofos da época como Kant, Montesquieu, Voltaire e Rousseau. E não mais as ornamentações provindas da arquitetura barroca.

---

<sup>1</sup> Aluno graduado no Curso de Engenharia Civil – noturno - do *Uni-Facef Centro Universitário Municipal de Franca*.

O cenário só mudou a partir da introdução de modelos de cálculos mais simplificados, que aproximaram arquitetos dos engenheiros, assim como o desenvolvimento das possibilidades que a plasticidade do concreto armado oferece. Leonhardt e Mönnig (1977) colocam o professor da universidade de Stuttgart, Emil Mörsch como um dos precursores que, após resultados de pesquisas e testes, desenvolveu a primeira teoria realista sobre o dimensionamento de peças de concreto armado.

Arquiteto e principal nome do CIAM IV (Congresso Internacional da Arquitetura Moderna), Le Corbusier (1941), seguindo as ideias do movimento modernista, publicou em 1933 a Carta de Atenas, A Cidade Funcional, documento que segundo o autor, tinha como objetivo a recuperação e reconstrução das cidades arrasadas no período entre guerras. Surgiu então, novos parâmetros para projetos arquitetônicos e uso de novos materiais como concreto armado nas obras.

Todavia, o movimento modernista aliada as ideias de Le Corbusier, influenciaram o mais conhecido arquiteto no Brasil, Oscar Niemayer (1907-2012). Queiroz (2007), coloca como fundamental para as ideias do brasileiro os encontros ocorridos entre ambos na primeira metade do século XX. Posteriormente, Niemayer foi capaz de desenvolver sua própria linguagem no instante que, expande a escala do edifício, os elementos de caráter compositivo que Le Corbusier preservava.

A arquitetura brasileira antes de Artigas, Niemayer, Lucio Costa e outros arquitetos, que sofreram das mesmas influencias, seguia uma linha pré-modernista voltada ao estilo colonial neoclássico. Segundo Reis Filho (2004), as mudanças nos padrões das edificações unifamiliares, colocando a residência a um afastamento generoso das vias de passeio, possibilitou a reorganização e a “abertura” das habitações. Agora tinha-se mais liberdade para aproveitar os espaços internos e externos.

Nesse sentido, os arquitetos citados anteriormente foram os precursores da arquitetura moderna brasileira. Elevaram padrões, derrubaram antigos conceitos, modernizaram as metodologias e a aplicações de novos materiais de construção e reinventaram a arquitetura no Brasil. O país passou do estilo clássico para uma releitura da arquitetura moderna.

Romero e Reis (2012), seguindo a linha de pensamento sobre aproveitamento climático nas edificações, emerge preocupações em relação a eficiência energética das edificações. Destaca que os novos edifícios e habitações, sejam de elevado padrão ou não, devem ser projetados de modo a aproveitar melhor as condições oferecidas pela natureza.

Moreira e Petreche (2011) ressaltam que a nova arquitetura, influenciada pelas mudanças do passado e as preocupações atuais, estão moldando a forma de se projetar. Ambientes com aberturas cada vez maiores, que permitem tanto a entrada de luz e ventilação quanto melhor visibilidade do espaço, tornam-se mais comuns. Cabe aos engenheiros adaptarem as mudanças para se vencer os grandes desafios propostos pelos novos projetos.

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar metodologias através de estudos de caso, para a análise e dimensionamento, assim como um estudo do comportamento de vigas de concreto armado quando submetidas a situações de grandes vãos.

- Avaliação do software CypeCAD como ferramenta de auxílio para a concepção estrutural e lançamento da estrutura.
- Análise do comportamento de vigas em concreto armado, em especial a verificação do ELS-D, deformações (flechas);
- Contribuir para o ensino da disciplina de Estruturas em Concreto Armado nos cursos de Engenharia Civil.

Este trabalho se norteará pela seguinte questão de pesquisa:

1). Quais recomendações e concepções estruturais podem ser adotadas para vencer grandes vãos com vigas de concreto armado?

## 1.1 Verificação de Flechas

A ABNT NBR 6118:2014 avalia as flechas em vigas no item 17.3.2.1, pg. 125

O modelo de comportamento da estrutura pode admitir o concreto e o aço como materiais de comportamento elástico e linear, de modo que

as seções ao longo do elemento estrutural possam ter as deformações específicas determinadas no estágio I, desde que os esforços não superem aqueles que dão início à fissuração, e no estágio II, em caso contrário.

De acordo com Carvalho e Filho (2014), uma viga de concreto armada de seção retangular trabalha entre os estádios I e II, portanto, para analisar o efeito de deslocamento devido a flexão em uma viga, é necessário calcular sua flecha considerando essa situação e, assim, utilizar uma inércia média, para não ser necessário introduzir a variação de inércia na expressão de deslocamento em vigas a seguir.

$$a = \int_{x=0}^{x=l} \frac{M0 * M1}{E * I} dx$$

O modelo proposto por Branson segundo Carvalho e Filho (2014), pg.

197

(...) admite para todo o elemento de concreto uma única inércia, que representa os trechos fissurados e não fissurados. Baseia-se em um método semiprobabilístico, no qual se toma a variação da tensão ao longo da seção transversal e ao longo do comprimento de uma maneira simplificada, utilizando expressões empíricas que fornecem valores médios de inércia. Dessa forma, Branson procura traduzir aproximadamente, o efeito de fissuração do concreto, quando submetido à flexão, no cálculo das deformações imediatas.

A expressão obtida por Branson de forma geral é obtida por:

$$I_m = \left(\frac{M_r}{M_{at}}\right)^n \cdot I_I + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M_{at}}\right)^n\right] \cdot I_{II}$$

Em que:

$I_m$  - momento de inércia efetivo para uma seção ou para toda peça, no caso de vigas simplesmente apoiadas; momento de inércia médio entre a seção do apoio e a seção do meio do vão, para o caso de vigas contínuas;

$I_I$  - momento de inércia da peça no estágio I (da seção bruta ou homogeneizada);

$I_{II}$  - momento de inércia da peça no estágio II puro;

$M_r$  - momento de fissuração do concreto;

$M_{at}$  - momento atuante, desserviço, na seção mais solicitada;

$n$  – índice de valor igual a 4, para situações em que a análise é feita em apenas uma seção da peça, ou igual a 3, quando se faz a análise da peça ao longo de todo o seu comprimento.

Carvalho e Filho (2014) citam que embora a ABNT NBR 6118:2014 considere a rigidez da seção bruta como representativa do estágio I, é recomendado utilizar a rigidez da seção homogeneizada. Portanto, estabelece-se assim, a previsão de flecha imediata ou instantânea (sem efeito da fluência), para vigas, a partir da equação da resistência dos materiais, considerando a inércia medida, para seções constantes ao longo da peça:

$$a = \frac{\alpha_c * w * l^4}{(E * I)_{eq}}$$

Onde:

$a$  – flecha imediata ou instantânea;

$w$  – carga definida por certa combinação;

$(E * I)_{eq}$  – rigidez equivalente dada pela expressão no item 17.3.2.1 da norma;

$\alpha_c$  – coeficiente que depende da condição estática do sistema considerado e do tipo de ações atuantes; é encontrado com livros de resistência dos materiais e de teoria das estruturas; no caso de vigas simplesmente apoiadas e carga uniformemente distribuída,  $\alpha_c = \left(\frac{5}{384}\right)$ .

Ainda de acordo com Carvalho e Filho (2014), deve-se, juntamente com a flecha imediata, avaliar a flecha deferida no tempo, através do efeito de fluência do concreto.

Fluência é o fenômeno em que surgem deformações ao longo do tempo em um corpo solicitado por tensão constante. Esse fenômeno é parcialmente reversível, ou seja, ao retirar o carregamento que originou a deformação, uma parcela desta deformação total é restituída imediatamente, outra parte é restituída com o tempo e o restante se torna permanente. (Carvalho e Filho, 2014, pg. 200.

Na ABNT NBR 6118:2014 no seu item 17.3.2.1.2, o cálculo da flecha adicional diferida de vigas, decorrentes de cargas de longa duração em função da

fluência, deve ser, de maneira aproximada, pela multiplicação da flecha imediata por um fator  $\alpha_f$  dado por:

$$\alpha_f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50 * \rho'}$$

Em que:

$\rho' = (A_s') / (b * d)$  – (o valor de  $\rho'$  será ponderado no vão de maneira análoga ao cálculo de  $I_{eq}$ );

$A_s'$  – área da armadura de compressão no trecho considerado;

$\xi$  – coeficiente função do tempo, sendo  $\Delta\xi = \xi(t) - \xi(t_0)$ ;

$\xi(t) = 0,68 * 0,996^t * t^{0,32}$  para  $t \leq 70$  meses,

$\xi(t) = 2$  para  $t \geq 70$  meses;

$t$  – tempo, em meses, quando se deseja o valor da flecha diferida;

$t_0$  – idade, em meses, relativa à data de aplicação da carga de longa duração; se as parcelas de cargas de longa duração forem adotadas em idades variadas, então  $t_0 = \frac{\sum P_i * t_{0i}}{\sum P_i}$ ;

$P_i$  – parcelas de carga;

$t_{0i}$  – idade, em meses, em que se aplicou cada parcela  $P_i$ .

O valor da flecha total no tempo infinito ( $a_{t,\infty}$ ) será  $(1+\alpha_f)$  vezes a flecha imediata:

$$a_{t,\infty} = a_{t,0} * (1 + \alpha_f)$$

em que  $a_{t,0}$  é a flecha imediata para combinações de ações consideradas e de caráter permanente.

De acordo com a tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014 (Anexo A) indica os valores-limites de deslocamentos que visam um melhor comportamento de estruturas.

Este trabalho será norteado através da análise de deformação em vigas de concreto armado a fim de vencer vãos consideráveis.

Para o estudo, adotou-se:

- Vãos de 15 metros;
- Altura de piso-a-piso = será adotado 3,40 metros;

- Sobrecarga de utilização igual a 2 KN/m<sup>2</sup> de acordo com a NBR 6120:1980.
- Sobrecarga de alvenaria de 13 kN/m<sup>2</sup>.
- Fck mínimo de 25 Mpa e aço CA:50

Em cada caso será estudado o comportamento da viga em questão, evidenciando as deformações presentes do cálculo estrutural. As modificações entre casos servirão para comparar os erros gerados e assim estabelecer as recomendações necessárias. Os estudos de casos estão indicados no Apêndice A.

Serão trabalhados somente vigas engastadas em pilares, tendo como principais mudanças as dimensões de vigas e pilares. Em resumo, serão analisadas situações isoladas.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo será apresentado os dados obtidos, a partir da concepção estrutural até as deformações resultantes, através de uma análise e discussão dos resultados.

Serão analisados cada caso individualmente, interpretando o resultado obtidos com o software. Após discorrer todos os casos, será feito um comparativo dos resultados observando qual caso é considerado mais vantajoso.

### **2.1 CASO 1.**

Para o Caso 1 considerou-se uma viga bi-apoiada, engastada em dois pilares de dimensão 19 centímetros por 60 centímetros, com vão igual a 15 metros. (Apêndice B).

A figura 20 os resultados apresentados pelo software, indicando as armaduras adotadas e as linhas de deformações, flecha ativa (flecha que acontece logo que se adiciona todas as cargas no pavimento) e a flecha diferida no tempo (tempo infinito).

Com podemos perceber, a flecha de 6,1 cm é próxima ao limite de aceitabilidade sensorial estabelecidos pela NBR 6118:2014, apontados na tabela

13.3 de  $\frac{l}{250} = \frac{1500}{250} = 6\text{cm}$  , necessitando assim de uma contra fecha para diminuir os efeitos das deformações.

Uma alternativa para diminuir esta deformação seria aumentar a largura da viga de 19cm para 30 cm e verificar os resultados obtidos pelo software.

## **2.2 CASO 2.**

Para o Caso 2, altera-se apenas um dado em relação ao caso anterior, será analisado aumento do Bw (dimensão da base) da viga, passando de 19 cm para 30 cm. Mantendo o restante das informações inalteradas. Lembrando que, para os primeiros casos está mantido Fck mínimo determinado por norma de 25 Mpa.

Na figura 21 temos os resultados apontados pelo software após as mudanças e percebe-se que aumentar a largura da viga não contribui para a diminuição das deformações, uma vez que, após a mudança a flecha diferida praticamente não se alterou, aumentou 6,105 para 6,186, ocorrido provavelmente pelo aumento de aproximadamente de 36% no peso próprio da viga.

Outra alternativa para diminuir esta deformação seria aumentar a altura da viga de 100cm para 120 cm e verificar os resultados obtidos pelo software.

## **2.3 CASO 3.**

No Caso 3, ainda continua-se com as mesmas configurações de informações, mas agora troca-se o aumento do Bw pôr o aumento de 20% do h (altura da viga), essa passa a ter 120 cm de altura e, Bw volta para 19 cm.

A figura 22 mostra as deformações para a viga de 120 cm e podemos observar uma redução significativa dos valores de flecha quando comparados ao primeiro caso, a fecha ativa reduz 32,7% e no caso da flecha no tempo infinito, a redução é de cerca de 33,1% e com isso, os limites estabelecidos pela NBR 6118:2014 não serão ultrapassados. Pode-se concluir então que aumentar a altura da viga é uma boa medida a se tomar.

Uma outra possibilidade para diminuir a flecha sem aumentar a altura seria inverter a posição do pilar, colocando sua maior dimensão no mesmo sentido da viga. No estudo de caso 4 abaixo analisamos esta possibilidade.

#### **2.4 CASO 4.**

Neste caso invertemos a direção do pilar, colocando a maior dimensão do pilar no sentido do vão. Para esta análise voltamos as configurações iniciais de viga, ou seja, altura de 100 cm para vencer os 15m de vão. Os resultados obtidos estão na figura 23.

Observa-se que o a alteração proposta contribuiu muito para a redução das deformações, cerca de 30%, de 6,015cm para 4,182cm. Com isto, esta é uma solução interessante, pois sem aumentar a altura da viga obteve-se resultados praticamente idênticos apenas rotacionando o pilar.

#### **2.5 CASO 5.**

O caso 5 remete ao caso anterior, com a diferença na altura da viga. Mais uma vez aumentando a mesma em 20%.

Observa-se neste caso, a influência da altura quando existe engaste maior. A redução da flecha em comparação ao caso anterior, foi de 3,8% na flecha ativa e de 7,5% na flecha no tempo infinito. Pode-se concluir dessa forma que, a partir dos resultados, a posição do pilar, gera mais influência na diminuição da flecha do que mexer nas dimensões da viga.

#### **2.6 CASO 6.**

Neste caso, passa-se a analisar o efeito que o balanço causa nas deformações. Para tanto, toma-se os parâmetros utilizados nos últimos casos. Com as seguintes diferenças, pilares de 60 cm por 19 cm, viga com altura de 100 cm por 19 cm e balanço a direta de 2,0 metros, mantendo as dimensões da viga inalterada. Estabelece-se carga uniformemente distribuída por toda viga, inclusive balanço. Demais dados permanecem os mesmos.

O que se observa neste ponto, comparando com casos anteriores, é que o balanço não traz mudanças significativas. As flechas apresentadas na figura

seguinte, são semelhantes ao caso 4, onde esse por sua vez, apresenta pilares com 40 cm de comprimento. Mesmo que apresente 9% de redução nas flechas, tal taxa pode-se justificar no ganho de dimensão do pilar.

## **2.7 CASO 7.**

O caso 7 aparece como continuação do caso 6, onde mantém-se as mesmas configurações e adiciona-se mais um balanço, esse agora do lado oposto ao primeiro. O objetivo de ter mais um balanço é realmente identificar a real influência nas deformações.

A partir dos resultados gerados, entende-se que o balanço oferece redução nas deformações. As flechas tanto ativas quanto no tempo infinito se estabelecem em 30,78 mm e 35,07 mm, respectivamente. Reduções de 2,9% para ambas. Porém, tratando-se somente do balanço, não é uma redução significativa.

## **2.8 CASO 8.**

Para o caso 8, leva-se em consideração as configurações do caso anterior, alterando-se somente a maior dimensão do pilar, aumentando para 60 cm, no intuito de analisar a reação das flechas com o engaste superior.

Pode-se observar a redução drástica que o engaste gera nas flechas. Em flechas ativas obtém-se 14,53 mm de deformação, 56,6% de redução. Na flecha no tempo infinito, 17,99 mm, correspondendo a 53,4% de redução. Como toma-se o caso 5 como parâmetro para essa análise, é seguro afirmar que o aumento das dimensões dos pilares, esse de 50 %, influi em uma diminuição das flechas maior do que somente analisar o aumento nas dimensões da viga.

## **2.9 CASO 9.**

O caso 9 toma o caso anterior como base, utilizando os mesmos dados anteriores, porém com o intuito de analisar o aumento da altura da viga e seus balanços. Tal aumento de 20% na altura.

Com os resultados gerados, o aumento da altura da viga aliada aos balanços, mostra-se eficiente, já que obtém-se 13,65 mm para flecha ativa e 16,90 mm para flecha no tempo infinito. Reduções de 55,6% e 51,8% respectivamente.

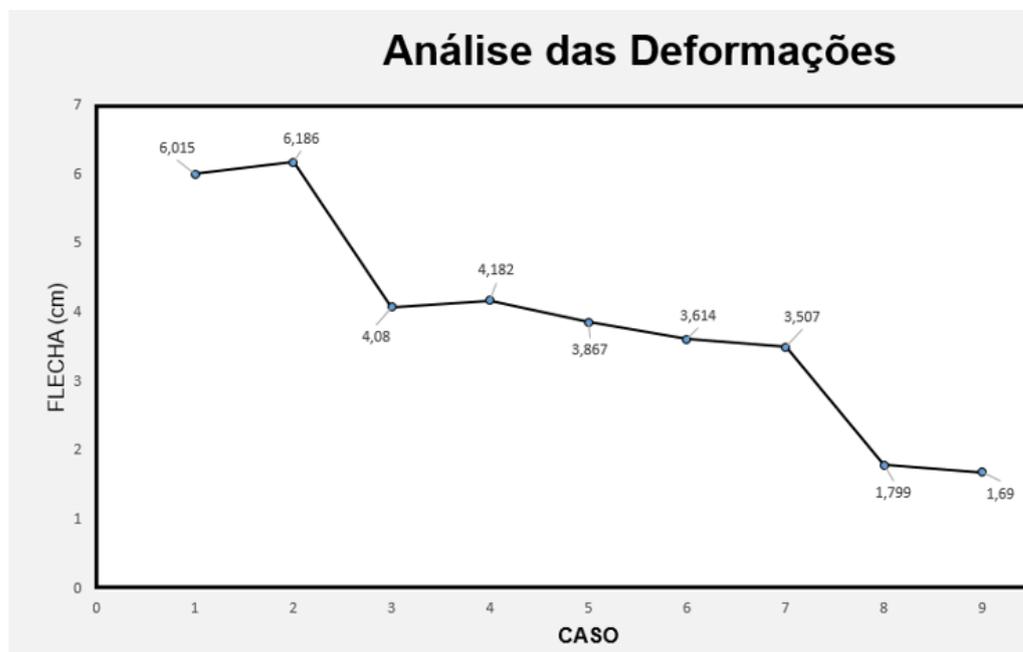
Contudo, analisa-se que a presente redução nos valores não seja devida aos balanços, mas sim ao aumento na dimensão h da viga.

Em comparação direta da influência dos balanços nas flechas, pode-se comparar ao caso anterior, onde, nota-se uma redução com cerca de 6,4% nas deformações, o que constata que a adoção de balanços não impacta a redução das deformações da mesma forma que quando aumenta-se as dimensões dos pilares no mesmo sentido da viga.

## 2.10 RESUMO DOS RESULTADOS E ANÁLISE.

O gráfico abaixo mostra a redução das flechas após as alterações em cada caso estudado, com isso percebe-se que é possível reduzir as deformações de uma viga aumentando sua altura, rotacionando o pilar e criando balanços, decisões que podem ser feitas separadamente ou uma combinação delas, tudo de acordo com as possibilidades que o projeto pode fornecer.

**Figura 28** – Análise das Deformações por Gráfico.



Fonte: Autor

- Caso 1: Viga de 19 x 100 cm (Pilar de 19 x 60 cm).
- Caso 2: Viga de 19 x 100 cm (Pilar de 19 x 60 cm).

- Caso 3: Viga de 19 x 120 cm (Pilar de 19 x 60 cm).
- Caso 4: Viga de 19 x 100 cm (Pilar de 40 x 19 cm).
- Caso 5: Viga de 19 x 120 cm (Pilar de 40 x 19 cm).
- Caso 6: Viga de 19 x 100 cm (Pilar de 60 x 19 cm e balanço de 2 m).
- Caso 7: Viga de 19 x 100 cm (Pilar de 60 x 19cm e balanço de 2 m em ambos os lados).
- Caso 8: Viga de 19 x 120 cm (Pilar de 60 x 19cm).
- Caso 9: Viga de 19 x 120 cm (Pilar de 19 x 60cm e balanços de 2 m).

### 3. CONCLUSÃO

Tendo em vista o referencial teórico apresentado, a apresentação, análise e discussões dos dados obtidos, conclui-se que:

- Aumentar a largura da viga ( $B_w$ ) pouco ou nada contribui para a diminuição das deformações.
- Pode-se concluir então que aumentar a altura da viga é uma boa medida a se tomar, neste trabalho, com um aumento de 20 % na altura obteve-se uma redução maior que 30% nas deformações.
- Rotacionar o pilar, colocando a maior dimensão do mesmo na direção da viga contribui bastante para a redução das deformações na viga uma vez que aumenta-se a rigidez nos apoios devido a maior área de contato entre pilar e viga.
- A inclusão de um balanço contribui para a diminuição das deformações na viga;
- Por se tratar de um estudo empírico, leva-se somente em consideração o que cada mudança influi para a redução das deformações, facilitando a tomada de decisão do engenheiro, de acordo com o que o projeto arquitetônico fornece como áreas a se trabalhar;

- O Software de cálculo estrutural CypeCAD contribui e auxilia o calculista no estudo das deformações na estrutura, pois através do mesmo, gera-se relatórios completos de cálculo e possibilidade de edição do detalhamento das armaduras da estrutura.
- A principal vantagem do uso do software de cálculo estrutural, é a facilidade de atribuição das cargas na estrutura, sendo possível avaliar a estrutura de forma individual ou global.

### Referências

LE CORBUSIER, **A Carta de Atenas**. São Paulo, Ed.USP.1993 DISPONIVEL EM: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2974977/mod\\_resource/content/3/aula12\\_Corbusier\\_Le\\_A\\_Carta\\_de\\_Atenas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2974977/mod_resource/content/3/aula12_Corbusier_Le_A_Carta_de_Atenas.pdf). Acessado em 30/07/2019.

RABELLO, YOPANAN CONRADO PEREIRA. **A CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E ARQUITETURA**. São Paulo: Ed. Zigurate, 2000.

QUEIROZ, RODRIGO CRISTIANO. **Oscar Niemayer e Le Corbusier: Encontros**. Dissertação (Pós-Graduação). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-27042010-135104/pt-br.php>. Acesso em: 30/07/2019.

FILHO, NESTOR GOULART REIS. **QUADRO DA ARQUITETURA NO BRASIL**. São Paulo: Ed PERSPECTIVA S.A., 2004.

CARVALHO, ROBERTO CHUST; FILHO, JASSON RODRIGUES FIGUEIREDO. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado. Segundo a NBR 6118:2014**. 4ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.



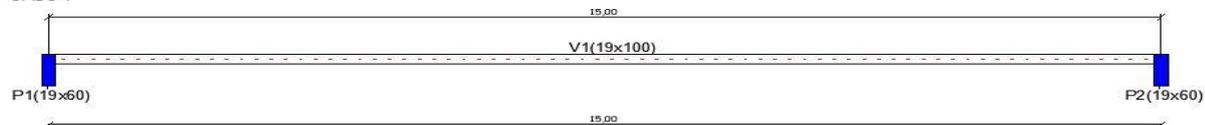
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Carga para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

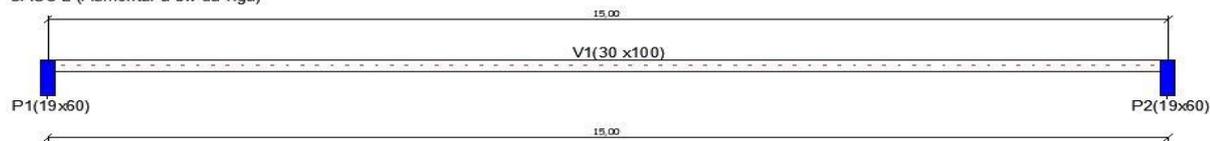
SÜSSEKIND, JOSÉ CARLOS. **CURSO DE ANALISE ESTRUTURAL Estruturas Isostáticas. Vol. 1**. Rio de Janeiro 6ª Ed. EDITORA GLOBO, 1981.

## APÊNDICE A

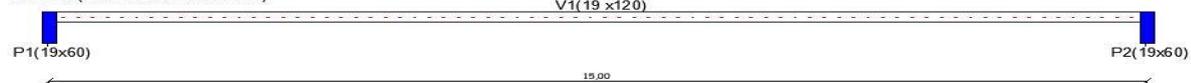
CASO 1



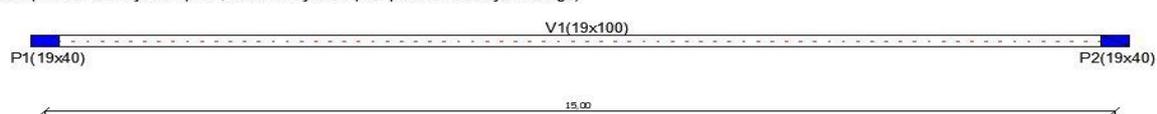
CASO 2 (Aumentar a bw da viga)



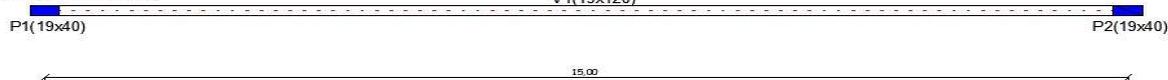
CASO 3 (Aumentar 20% da altura)



CASO 4 (Alterar a direção do pilar , maior direção do pilar paralelo a direção da viga)



CASO 5 (aumentar altura)



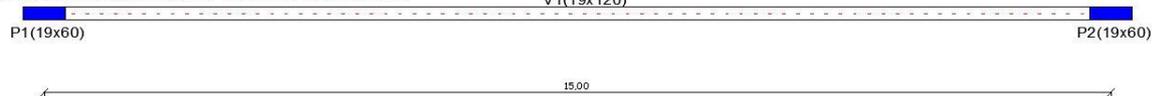
CASO 6 (Criar Balanço)



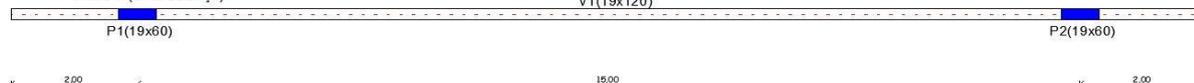
CASO 7 (Criar Balanço)



CASO 8 (aumentar dimensão pilar e aumentar altura da viga)



CASO 9 (Criar Balanço)





## ANEXO A

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$\ell/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$\ell/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$\ell/250^a$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$\ell/350+$ contraflecha <sup>b</sup>
			Ocorrido após a construção do piso	$\ell/600$
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$\ell/500^c$ e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$\ell/250^c$ e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente ( $\psi_1 = 0,30$ )	$H/1700$ e $H/850^e$ entre pavimentos <sup>f</sup>
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$\ell/400^g$ e 15 mm