

ESTUDO DE VIABILIDADE ORÇAMENTÁRIA, COMPARANDO A UTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO OU ESTRUTURA METÁLICA, PARA CONSTRUÇÃO DE UM GALPÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU - SP

MATHEUS MIONI RODRIGUES – mioniro@gmail.com

FACULDADE GALILEU FG

Resumo: Este artigo irá apresentar um estudo orçamentário, visando um comparativo entre a utilização da estrutura de concreto armado ou estrutura metálica, para ser utilizada na construção de um galpão comercial na cidade de Botucatu, interior de São Paulo. Este será dividido em tópicos, os quais mostrarão os materiais a serem utilizados em cada tipo de estrutura. Também contará com a forma de se realizar o orçamento de materiais para a construção da parte estrutural de uma obra.

Palavras-chaves: ESTUDO ORÇAMENTÁRIO; ORÇAMENTO; ESTRUTURA; CONCRETO ARMADO; ESTRUTURA METÁLICA

BUDGET FEASIBILITY STUDY, COMPARING THE USE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OR METALLIC STRUCTURE FOR CONSTRUCTION OF A COMMERCIAL SHED IN THE CITY OF BOTUCATU - SP

Abstract: This article will present a budget study, aiming at a comparison between the use of a reinforced concrete structure or a metallic structure, to be used in the construction of a commercial warehouse in the city of Botucatu, in the interior of São Paulo. This will be divided into topics, which will show the materials to be used in each type of structure. It will also have a way to carry out the budget for materials for the construction of the structural part of a work.

Keywords: BUDGETARY STUDY; BUDGET; STRUCTURE; REINFORCED CONCRETE; METAL STRUCTURE

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o setor da construção civil vem progredindo muito, e conseqüentemente, a necessidade da utilização de materiais que proporcionem uma maior resistência, durabilidade, conforto e que gerem uma maior trabalhabilidade na execução, para que assim se possa diminuir os prazos, também evoluiu junto. Nessa esfera, o concreto e o aço ganham maior relevância, pela performance que apresentam, sejam eles estando em conjunto ou de maneira isoladas (OLIVEIRA; SOARES; SANTOS, 2020).

Conforme Grabowski (2019), de igual relevância, a definição correta e mais adequada do método construtivo a ser utilizada em um empreendimento deve-se ser considerado como essencial para o processo executivo, uma vez que, geram as bases essenciais que guiarão o decorrer da construção deste.

Outro fator de extrema importância, é a realização de um excelente estudo orçamentário para a obra. Segundo Azevedo et al. (2013), o orçamento em um empreendimento é um fator crucial para as empresas construtoras, tendo em vista que desvios significativos, possam impossibilitar o andamento da execução de uma obra, impactando diretamente a lucratividade desta.

De acordo com Doertzbacher (2018), com o crescimento da concorrência no setor da construção civil, é indispensável que as obras passem a ser melhor planejadas e geridas. Com isso as empresas estão se atentando cada vez mais para etapas, que antes, não eram tão planejadas, como uma boa elaboração de orçamento analítico.

Quando este orçamento é mal realizado, fatalmente ocorrerá falhas e possivelmente frustrações de custos e prazo (DOERTZBACHER, 2018).

Este artigo tem como objetivo, apresentar um comparativo entre a utilização dos sistemas construtivos de concreto armado e sistema de estrutura metálica, visando apontar um estudo orçamentário e mostrar qual o mais viável, para construção de um galpão comercial no município de Botucatu, interior de São Paulo. Os dados para o quantitativo foram realizados a partir dos projetos estruturais fornecidos e os orçamentos realizados com empresas regionais e SINAPI.

2. PESQUISA BIBLIOGRAFICA

2.1 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Segundo a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), podemos definir elementos de concreto armado como, aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa

Para simplificar o entendimento, Trazzi e Giandon (2016), definem as estruturas de concreto armado como, estruturas constituídas, basicamente, de concreto e aço, em proporções e quantidades definidas e calculadas em projeto. Dispostos em pilares e vigas, onde os pilares são posicionados na vertical, e são responsáveis por receber as ações dos esforços submetidos as vigas, e transmiti-los para os elementos abaixo ou a fundação. Já as vigas ficam posicionadas na horizontal.

Nestas estruturas, o concreto é responsável em resistir aos esforços de compressão, ao qual a estrutura será submetida, enquanto o aço é responsável pelos esforços de tração que são impostos a mesma (TRAZZI; GIANDON, 2016).

Segundo Botelho e Marchetti (2018), o aço deve ser posicionado nos pilares e vigas, nas partes tracionadas, já na parte comprimida, deve-se deixar apenas o concreto.

2.1.1 Conceito de Concreto

Segundo Oliveira, Soares e Santos (2020), podemos definir concreto como, o resultado de uma mistura envolvendo cimento (aglomerante), junto com agregado miúdo (areia), mais agregado graúdo (brita), água e em alguns casos é comum o acréscimo de aditivos com objetivo de conceder propriedades especiais ao concreto.

Depois de endurecer, o concreto sozinho irá apresentar uma boa resistência a compressão, uma baixa resistência a tração e um comportamento frágil, ou seja, ela irá se romper com pequenas deformações. Por conta disso, na maioria das aplicações em elementos estruturais, o concreto será usado junto com outro material, o aço por exemplo, visando melhorar esta característica frágil (PINHEIRO, 2007).

2.1.1.1 Resistência a Compressão

A resistência a compressão do concreto é denominada por f_c , ela é de extrema importância, pois influencia no desempenho, na vida útil, além de ser uma parcela da composição do custo final do empreendimento (BERNARDO; VARGAS, 2012).

Para estimar f_c , a NBR 5738 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), estabelece que, deverão ser preparados corpos de prova cilíndricos, de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, tendo a idade de referência para ensaio de 28 dias.

Segundo Pinheiro (2007) e Oliveira, Soares e Santos (2020), após ser realizado o ensaio com um grande número de corpos de prova, deverá ser feito um gráfico com os valores obtidos de f_c , tal gráfico é denominado Curva Estatística de Gauss. Nesta curva encontraremos dois valores muito importantes, o valor de resistência média do concreto a compressão (f_{cm}), que é a média aritmética dos valores de f_c para o conjunto de corpos-de-prova ensaiados, e é utilizado na determinação da resistência característica do concreto a compressão (f_{ck}). Essa determinação é feita através da fórmula:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65s$$

Onde:

O valor de s corresponde à distância entre a abscissa de f_{cm} e a do ponto de inflexão da curva, ou seja, onde a curva muda de concavidade. O valor de 1,65 deve-se a porcentagem de 5%, ou seja, somente 5% de todos os corpos de prova ensaiados, apresentam $f_c < f_{ck}$.

O valor encontrado de f_{ck} determinará a classe do concreto, segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015), como exemplo a seguinte tabela:

Tabela 1: Classes de resistência de concreto estruturais

Classe de resistência Grupo 1	Resistência característica à compressão Mpa	Classe de resistência Grupo 2	Resistência característica à compressão Mpa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 8953 / 2015

2.1.2 Conceito de Aço para Concreto Armado

De acordo com Almeida (2002), os aços que utilizamos para estruturas de concreto armado, são ligas de ferro que, para aprimorar suas propriedades, possuem elementos como carbono, cromo, silício e impurezas não metálicas como fósforo e enxofre.

A NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), classifica como barras de aço, produtos com diâmetro nominal superior ou igual à 5,0mm obtidos exclusivamente por laminação à quente. E classifica como fios de aço, produtos com diâmetro nominal inferior ou igual 10,0mm, obtidos a partir de fio-maquina por trefilação ou laminação a frio.

Ainda segundo a NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), conforme o valor específico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas classes CA-25 e CA-50, e os fios de aço na classe CA-60.

A resistência ao escoamento característica do aço CA-50 (f_{yk}) se dá em 50kN/cm², enquanto a resistência ao escoamento característico do aço CA-60 (f_{yk}) vale 60kN/cm² (SARTORTI, 2012).

Segundo Barreto (2014), as barras de aço, que são mais comumente utilizadas na construção civil, possuem diâmetros de 6,3mm, 8,0mm, 10mm, 12,5mm, 16mm, 20,0mm e 25mm.

Cada diâmetro dispõe de tensões de escoamento e de ruptura particulares, como de acordo com pesquisas realizadas por Negrão e Pimentel (2012), onde obtiveram os seguintes resultados, a partir de ensaios realizados com barras de aço CA-50 com 10mm e 12,5mm de diâmetro.

Tabela 2: Tensões Características das Barras de Aço de 10mm e 12,5mm

Diâmetro da barra (mm)	Tensão de escoamento (Mpa)	Tensão de ruptura (Mpa)
10,0	545,0	713,3
12,5	463,4	700,3

Fonte: Adaptado de Negrão e Pimentel (2012)

2.2 ESTRUTURA METÁLICA

Podemos definir estruturas metálicas como, um agrupamento de peças de aço, em diversos tipos e formatos, que juntas, iram formar uma estrutura que oferece sustentação para à estrutura ou construção (OLIVEIRA; SOARES; SANTOS, 2020).

Segundo Matos (2014), a utilização dos sistemas estruturais metálicos vem crescendo muito em todo o mundo, pelo fato de que, esse tipo de estrutura apresenta, uma fácil execução e uma fácil organização no canteiro de obra. Além desse fato, também se leva em consideração o fato de que as estruturas em aço apresentam uma resistência relativa mais elevada que os elementos de concreto armado. Outro ponto, é que o aço apresenta uma boa maleabilidade, durabilidade e uma alta resistência aos esforços de tração, compressão e flexão.

2.2.1 Conceito de Aço

Segundo Feitosa (2019), podemos definir aço como uma liga entre dois materiais, o ferro e algo entre 0,008% a 2,11% de carbono, que também contém elementos residuais resultantes do seu processo de fabricação, como enxofre por exemplo. Junto a isso contem a existência de alguns elementos de liga, que são adicionados com a finalidade de melhorar as características mecânicas e físicas do aço.

2.2.2 Características Físicas do Aço

De acordo com Oliveira, Soares e Santos (2020), em uma faixa normal de temperatura, qualquer aço estrutural apresentam as seguintes características:

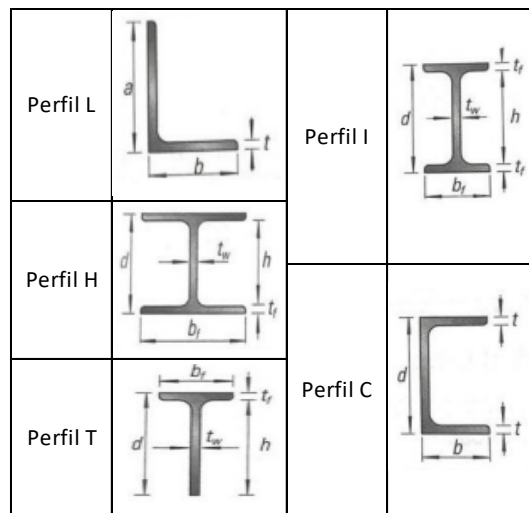
- Massa específica: $\rho = 7850 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
- Modulo de elasticidade: $E = 210000 \text{ (MPa)}$
- Coeficiente de dilatação térmica: $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

2.2.3 Tipos de Perfis Estruturais

A NBR 8800 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), divide estruturas em aço em dois grupos, segundo os tipos de perfil, os perfis soldados e os perfis laminados.

Perfil laminado são produzidos por laminadores e possuem grande eficiência estrutural, e geralmente são mais baratos que os de perfil soldados. Dentre os perfis existentes, temos os seguintes perfis no formato das letras L, H, T, I e C (FEITOSA, 2019).

Imagem 1: Tipos de perfil laminados



Fonte: Adaptado de Feitosa (2019)

Segundo Feitosa (2019) e Oliveira, Soares e Santos (2020), perfis soldados são obtidos através do corte, composição e soldagem de chapas planas de aço laminadas que são unidas, geralmente por solda elétrica ou pelo processo de caldeamento. São fabricados no formato da letra I.

A NBR 5884 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), padronizou três series de perfil soldados. O perfil CV para colunas soldadas, o perfil VS para vigas soldadas e o perfil CVS para colunas e vigas soldadas.

3. MÉTODO

Para o levantamento dos dados apresentados, reuniu-se informações retiradas de artigos com propostas parecidas, publicados na plataforma do Google Acadêmico e Scielo filtrando pesquisas datadas até quinze anos da presente data e em Língua Portuguesa ou Inglês.

A partir do projeto estrutural, realizou-se um levantamento quantitativo de matérias que serão utilizados na parte estrutural de ambas as obras.

Para o desenvolvimento do orçamento em si, utilizou-se dados retirados da SINAPI, com referencial do estado de São Paulo, para o segundo semestre do ano de 2021. Também foi realizado uma pesquisa de mercado em empresas presentes na cidade de Botucatu e região, e

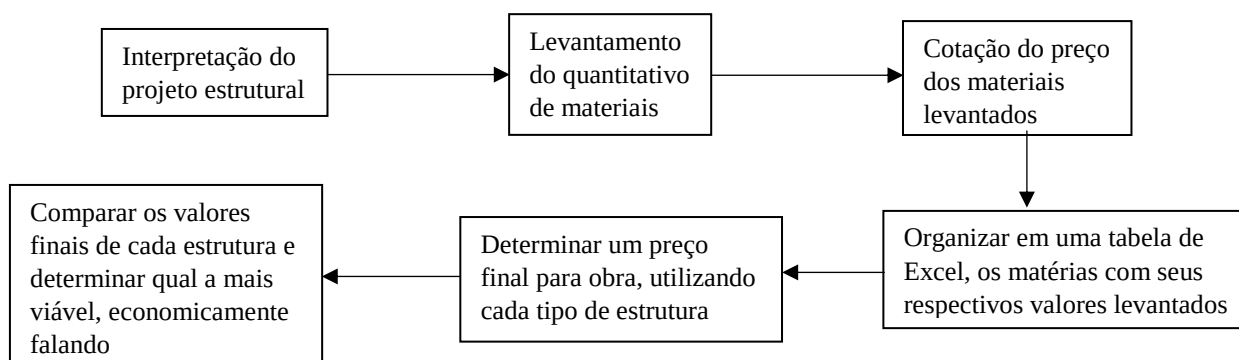
grande São Paulo. Com todos os valores em mãos, realizou-se uma média desses valores e a foi utilizada como o valor de referencia para ambos os orçamentos.

Todos os materiais, levantados no quantitativo, junto com seus valores correspondentes, retirados na média dos valores da pesquisa de mercado e SINAPI, foram organizados em uma tabela de Excel. Após isso, multiplicou-se a quantidade de material obtida por seus respectivos valores, obtendo assim um valor total para cada material. Ao final, somou-se todos os valores totais de materiais, obtendo assim, um valor final para cada uma das obras.

Como o intuito e o objetivo deste artigo é apresentar um comparativo orçamentário entre a utilização das estruturas de concreto armado e estrutura metálica para construção do galpão comercial, os cálculos limitaram-se apenas para a parte estrutural dessa obra, pois é ela quem irá diferenciar o total gasto entre um tipo de estrutura e outro. Portanto, não foi considerado a infraestrutura, a alvenaria de vedação e o telhado nos cálculos finais, pois tanto a estrutura de concreto armado, quanto a estrutura metálica irão compartilhar desses sistemas construtivos idênticos, sendo assim não fará diferença para cálculo do custo da obra.

Para exemplificar melhor o processo de criação deste artigo, criou-se um fluxograma com as etapas a serem seguidas:

Figura 1: Processo de criação deste artigo



Fonte: Autor (2021)

3.1 Estudo de Caso

Para o desenvolvimento do presente artigo e para alcançar seus resultados, foi realizado um estudo de caso em um galpão na cidade de Botucatu – SP, que possui 750,60 m² e um pé

Para a construção deste galpão utilizando estrutura de concreto armado, o projetista determinou que deve ser utilizado concreto de classe C25, utilizando agregado com tamanho máximo de 19 mm, a ferragem será dividida em barras e fios de aço nas classes C-50 e C-60,

nos diâmetros de 5 mm, 6.3 mm, 8 mm, 10 mm, 12.5 mm, 16 mm, 20 mm e 25 mm, e será utilizado formas de madeira para construção dos pilares e das vigas.

3.2.1 Quantitativo de materiais

Tabela 3: Quantitativo dos materiais para a estrutura de concreto armado

Descrição dos Materiais				
Material	Unidade de medida	Quantidade	Preço do Unitário	Total
Aço CA-60 com Ø 5 mm	Kg	537,90	R\$ 13,56	R\$ 7.293,92
Aço CA-50 com Ø 6,3 mm	Kg	1038,30	R\$ 12,13	R\$ 12.594,58
Aço CA-50 com Ø 8 mm	Kg	370,00	R\$ 12,20	R\$ 4.514,00
Aço CA-50 com Ø 10 mm	Kg	1833,60	R\$ 15,21	R\$ 27.889,06
Aço CA-50 com Ø 12,5 mm	Kg	607,00	R\$ 18,31	R\$ 11.114,17
Aço CA-50 com Ø 16 mm	Kg	178,10	R\$ 18,31	R\$ 3.261,01
Aço CA-50 com Ø 20 mm	Kg	33,70	R\$ 32,99	R\$ 1.111,76
Aço CA-50 com Ø 25 mm	Kg	127,70	R\$ 32,99	R\$ 4.212,82
Concreto C25	M³	70,94	R\$ 410,33	R\$ 29.108,81
Fôrmas	M²	263,21	R\$ 140,50	R\$ 36.981,01
Total				R\$ 138.081,14

Fonte: Autor (2021)

3.3 Orçamento para a Estrutura Metálica

Já para a construção do galpão utilizando estrutura metálica, o projetista determinou que deve ser utilizado vigas e pilares com perfil laminado do tipo I W 250 x 32,7, W 360 x 32,9, W 610 x 32,9.

3.3.1 Quantitativo de materiais

Tabela 4: Quantitativo dos materiais para a estrutura metálica

Descrição dos Materiais			
Descrição	Comprimento total (M)	Preço do metro	Total
Viga W 250 x 32,7	360,11	R\$ 428,22	R\$ 154.205,45
Viga W 360 x 32,9	118,70	R\$ 431,84	R\$ 51.259,41
Viga W 610 x 32,9	10,70	R\$ 1.574,19	R\$ 16.839,11
Total			R\$ 222.303,97

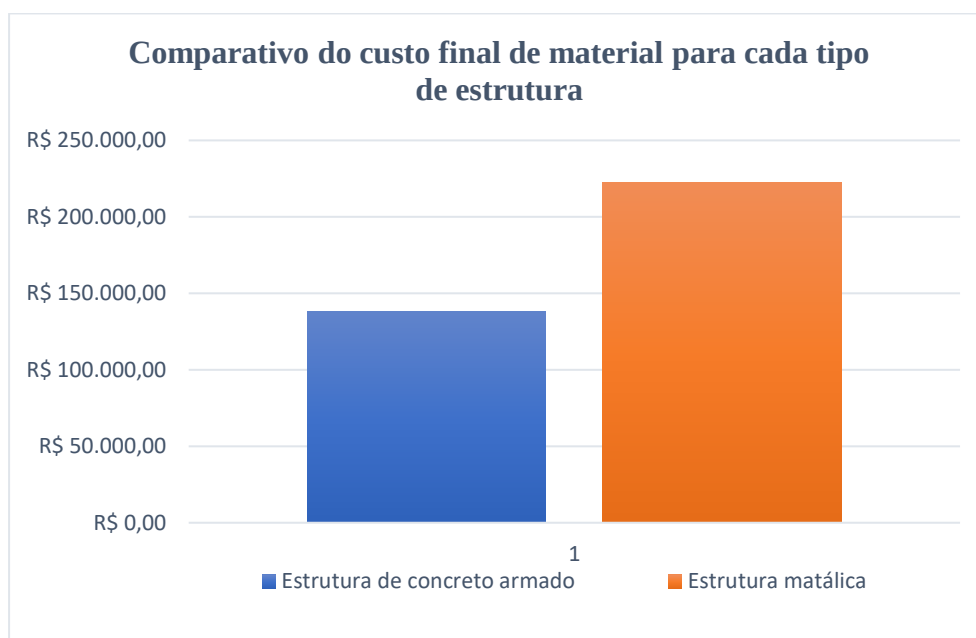
Fonte: Autor (2021)

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Tendo os valores dos orçamentos para a construção do galpão em mãos, foi possível realizar o comparativo para assim determinar qual seria o tipo de estrutura mais viável, economicamente falando, para realizar a obra.

Para a construção do galpão utilizando estrutura metálica, observou-se um custo de material final de R\$ 222.303,97. Já para a construção do mesmo galpão utilizando estrutura de concreto armado, observou-se um custo de material final de R\$ 138.081,14. Como podemos observar no gráfico a seguir:

Gráfico 1: Comparativo do custo final de material para cada tipo de estrutura



Fonte: Autor (2021)

Isso representa que, a realização da construção do galpão utilizando estrutura de concreto armado, contará com um custo final de material de R\$ 84.222,83 mais barato, do que se utilizar estrutura metálica para a construção do mesmo.

Essa diferença de valores, representa uma economia de 62,11% para utilização do concreto armado como estrutura para o galpão em relação se a estrutura for feita de estrutura metálica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que ao analisar o comparativo entre os dois tipos de estrutura, é mais viável economicamente falando, utilizar a estrutura de concreto armado como estrutural deste galpão, considerando o gasto total em matérias para a realização desta obra. Entretanto existem outros fatores que é possível se levar em consideração, quando for escolher a estrutura, como o tempo necessário para a realização da obra, a organização do canteiro de obra, etc. Nesse aspecto, a estrutura metálica leva vantagem em relação a estrutura de concreto armado. Porém levando em consideração, apenas o quantitativo orçamentário de material para a construção deste galpão, a estrutura de concreto armado leva vantagem sobre a estrutura metálica por ser mais barata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480/2007**: Aço destinado a armaduras para estrutura de concreto armado - Especificação. ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953/2015**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738/2015**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5884/2013**: Perfil estrutural de aço soldado por arco elétrico — Requisitos gerais. ABNT, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800/2008**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. ABNT, 2008.

AZEVEDO, Rogério Cabral; et a. **Modelo para avaliação de desempenho: aplicação em um orçamento de uma obra de construção civil.**

Production, Dez 2013, Volume 23 Nº 4 Páginas 705 – 722. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/prod/a/nmL8rFc9CvSPFBt6NhRtzBv/?lang=pt>>

BARRETO, M. F. O. **Avaliação do Comportamento Mecânico de Vergalhões de Aço Auto-revenido.**

BERNARDO, João Nazireu Dombasi. **Análise da influência da resistência característica à compressão do concreto (fck) no dimensionamento estrutural de um edifício residencial em concreto armado.** 2012.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado-Eu te amo. Editora Blucher.** 2018.

BOUVIÉ, Lucas. **Estudo comparativo de um pavilhão em estrutura metálica/concreto armado.** 2019. **Trabalho de Conclusão de Curso.**

DE ALMEIDA, Msc Luiz Carlos. **Aços para concreto armado.** 2002.

DOERTZBACHER, Isabela Gehlen. **Estudo orçamentário na construção civil da região sudoeste do Paraná.** 2018. **Trabalho de Conclusão de Curso.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FEITOSA, Caio Vítor Alves et al. **Projeto de uma estrutura de aço de três pavimentos para edifício garagem no IFPI: Campus Teresina Central.** 2019.

GRABOWSKI, Leonardo Steffens. **Estudo de caso: a escolha do método construtivo a partir de parâmetros pré-estabelecidos para uma residência multifamiliar.** 2019.

MATOS, Rafael Carrijo Barreto de. **Sistemas de contraventamentos em edifícios de estrutura metálica.** 2014.

NARDIN, Fabiano Ângelo. **A importância da estrutura metálica na construção civil. Itatiba: Universidade São Francisco (USF).** 2008.

NEGRÃO, Daniel Elias; PIMENTEL, Lia Lorena. **Aderência compósito x aço: influência do diâmetro da barra de aço. XVII Encontro de Iniciação Científica e II Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, São Paulo,** 2012.

OLIVEIRA, Douglas Henrique; SOARES, Renato Alberto Brandão; SANTOS, Victor Hugo Diniz. **Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 17783-17793.** 2020.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. 2007.

SARTORTI, Artur Lenz. **REVISÃO DOS CONCEITOS RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO CONJUNTA DE AÇOS DAS CATEGORIAS CA-50 E CA-60 EM PEÇAS SUBMETIDAS À FLEXÃO SIMPLES POR MEIO DE ESTUDO DE CASO**. *Interciência & Sociedade*, v. 1, n. 1. 2012.

TRAZZI, LUCAS CAEIRO; GIANDON, ANDRÉ CARNEIRO. **EXECUÇÃO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO MOLDADOS IN-LOCO E SUAS POSSÍVEIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**. *REVISTA UNINGÁ REVIEW*, v. 28, n. 3. 2016.