



COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO E METÁLICOS

Willian Andrade CANDIDO¹
Ana Caroline MOITINHO RONCON²

RESUMO: O presente artigo busca fazer uma análise entre o sistema estrutural de concreto armado e o sistema estrutural metálico, apresentando suas vantagens, desvantagens e a influência dos mesmos na qualidade e na vida útil de uma construção. Alguns pontos importantes são verificados, entre eles: aspectos das forças de carregamento, características dos materiais, patologias das estruturas, custos envolvidos, fator tempo e os resíduos resultantes dos processos construtivos. Essa comparação nos leva a concluir que os sistemas estruturais metálicos além de ser mais sustentáveis apresentam mais benefícios quando comparados com o sistema estrutural de concreto armado, porém não podemos nos esquecer que cada obra de engenharia tem suas necessidades próprias e um projeto deve ser realizado a fim de identificar qual o melhor sistema construtivo a ser utilizado em determinada obra.

Palavras-chave: Comparativo, Sistemas estruturais, Concreto armado, Metálico.

1 INTRODUÇÃO

Antes de qualquer comparativo entre sistemas estruturais, é preciso entender o que são estruturas e como elas influenciam diretamente na qualidade do empreendimento construído.

De forma abrangente, Rebello (2000) assevera que estrutura pode ser definida como um conjunto de elementos físicos (baldrames, lajes, paredes estruturais, pilares, vigas, entre outros), que ao interrelacionarem-se, assumem papéis

¹ Discente do 5º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. E-mail: andradecandidowillian@gmail.com.

² Discente do 5º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. E-mail: anacaroline_moitinho@hotmail.com

específicos na criação de espaços destinados às pessoas, que por sua vez praticam atividades diversas em tais espaços.

Sob um olhar técnico, uma estrutura possui função ligada à segurança de uma obra em relação às pessoas, bem como ao seu entorno, pois a mesma visa fornecer estabilidade para que as forças de carregamento que se encontram na superfície interajam com a infraestrutura.

As estruturas mais comuns na construção civil são aquelas que utilizam concreto armado, madeira ou metal, contudo, no presente trabalho científico optou-se pelo foco comparativo entre sistemas estruturais de concreto armado e metálicos.

Mas afinal, o que são sistemas estruturais?

De forma didática, Souza *et al* (2008, p. 5) definem sistemas estruturais como uma combinação de elementos estruturais que suportam o planejamento e execução de um projeto arquitetônico, “garantindo integridade à edificação por tanto tempo quanto o necessário”.

Segundo os mesmos autores, os sistemas estruturais de concreto armado são aqueles em que há a colocação de barras de aço no interior do concreto, proporcionando maior resistência à parte estrutural, além do que, o concreto é um excelente fornecedor de proteção ao aço contra à corrosão pela exposição ao ambiente.

Pfeil (2009) conceitua sistemas estruturais metálicos como aqueles que em que há a utilização de metais ferrosos, tais como aço, ferro fundido e ferro forjado, sendo estes os materiais mais comuns. Dentre os três, o aço é o mais usado, seja em forma de elementos lineares alongados (barras ou hastes), seja como elemento bidimensional (chapas ou placas).

Feitas as contextualizações iniciais, ao começar as pesquisas e leituras para a confecção do presente artigo, percebeu-se que tanto a bibliografia científica como as reportagens de cunho técnico-informativo, vêm apresentando crescente interesse nos comparativos entre sistemas estruturais em concreto armado e metálicos, assim como as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas construtivos.

Dada a relevância social da temática, pretende-se analisar alguns pontos importantes dessa comparação sistemática, como por exemplo: aspectos das forças de carregamento, características dos materiais e patologias das estruturas, custos envolvidos, fator tempo e os resíduos resultantes dos processos construtivos.

O objetivo principal deste trabalho é traçar um comparativo entre sistemas estruturais de concreto armado e metálicos, e os objetivos específicos são o de identificar e analisar as vantagens e desvantagens entre eles.

2 SISTEMAS ESTRUTURAIS

Inicialmente, é importante acrescentar que Souza *et al* (2008, p. 5) definem sistemas estruturais como uma combinação de elementos estruturais que suportam o planejamento e execução de um projeto arquitetônico, “garantindo integridade à edificação por tanto tempo quanto o necessário”.

Feito isto, os próximos subcapítulos são divididos em 2.1 Sistemas Estruturais de Concreto Armado, 2.2 Sistemas Estruturais Metálicos, e 2.3 Comparativo Entre os Diferentes Sistemas Estruturais.

2.1 Sistemas Estruturais de Concreto Armado

Como dito na introdução, os sistemas estruturais de concreto armado são aqueles que utilizam barras de aço colocadas no interior do concreto, o que proporciona maior resistência à parte estrutural, além de excelente proteção do aço contra à corrosão pela exposição ao ambiente.

Já é sabido que concreto e aço são materiais distintos, e apesar da alta resistência do aço, o concreto ainda é largamente usado nas obras de engenharia.

Isso se dá devido às três características que esse material apresenta, conforme aponta Mehta e Monteiro (2008, p. 3), a seguir:

- a) excelente resistência à água, proporcionando sua utilização em estruturas para controle, armazenamento e transporte da água;
- b) facilidade para executar estruturas de diferentes formas e tamanhos, devido a consistência plástica do concreto fresco, que possibilita o fluxo do mesmo no interior de formas;
- c) baixo custo, normalmente, e rápida disponibilidade do material para a obra, visto que os principais componentes para produzir o concreto – água, agregado e cimento *Portland* – são encontrados em praticamente todos os países e de custo relativamente barato. (grifo nosso)

Além das características acima citadas, pode-se notar outras implícitas, que são: baixa permeabilidade do material e versatilidade quanto às formas de uso. Sendo assim, em tempos de obras cada vez rápidas no que tange ao cumprimento do cronograma, tais razões fortalecem a ampla utilização do concreto.

Bueno (2009), em sua dissertação de mestrado, aborda eficazmente a evolução das construções ao longo do tempo, começando pelos materiais, passando pelos métodos construtivos e de cálculo, indo até à exigência dos atuais empreendimentos quanto aos atuais códigos e normas reguladoras.

A referida autora demonstra uma tendência que caminha cada vez mais para estruturas “altas, esbeltas e menos rígidas”. Isso exige dos construtores, arquitetos e engenheiros um olhar voltado para estruturas não tão robustas como aquelas observadas no passado, e sim àquelas que apresentam grande resistência do concreto, abrindo espaço para o surgimento de “novos sistemas construtivos como as lajes nervuradas, treliçadas, e lisas, vedações de vidro, etc.” (BUENO, 2009, p. 1).

Para ilustrar tal evolução, eis abaixo uma comparação entre duas construções nos tempos passado e presente:

Figura 1. Construções de concreto em dois momentos históricos diferentes.



Fonte: creativecommons.org.

A primeira imagem é bastante conhecida dos livros de história, pois trata-se dos famosos aquedutos romanos, os quais foram considerados inovadores para sua época. A segunda imagem mostra um recorte de uma construção que utiliza concreto de alta desempenho (CAD) e de alta resistência (CAR).

Quando postas lado-a-lado, ambas as imagens apresentam diferenças significativas, intimamente ligadas ao emprego do material principal, que no caso é o concreto. Enquanto os aquedutos impressionam pela robustez e imponência da obra

em si, a construção em concreto armado mostra-se mais enxuta e com pilares mais espaçados para suportar as forças de carregamento.

O fator tempo é outro diferencial, pois ao contrário dos empreendimentos romanos que eram mais lentos, as estruturas que utilizam CAD e CAR são caracterizadas por menor porosidade, maior compactação e alta resistência com pouca idade, o que conferem maior velocidade ao tempo de construção (AGUIAR e PINHEIRO, 2008).

2.2 Sistemas Estruturais Metálicos

Introdutoriamente, foi trazido o conceito de sistemas estruturais metálicos, a partir de uma definição de Pfeil (2009), como sendo aqueles que em que há a utilização de metais ferrosos, tais como aço, ferro fundido e ferro forjado, sendo estes os materiais mais comuns.

O mesmo autor pontua que, em construções modernas, o aço é o mais usado, seja em forma de elementos lineares alongados (barras ou hastes), seja como elemento bidimensional (chapas ou placas).

Inaba (2016) situa a utilização de sistemas construtivos metálicos a partir do século XVIII, e enumera razões que justificam seu uso, tais como inovação, racionalização no emprego de materiais e mão-de-obra, linguagem estética (principalmente em obras com aço aparente), entre outros pontos que influenciam na sua demanda por construtores e engenheiros.

Como inovação está diretamente ligada ao desenvolvimento e progresso da humanidade, não seria diferente com o setor da construção civil, pois vê-se que a modernização dos processos construtivos está pautada na busca por uma qualidade cada vez maior, entretanto sem abrir mão de eficiência e redução de tempo e custos.

Almeida (2017, p. 13) aponta a “acelerada competitividade do mercado” como uma das razões para a procura por estruturas metálicas, uma vez que estas surgem como soluções dinâmicas “a eliminar algumas etapas construtivas”, o que justifica os fatores eficiência e redução de tempo e custos.

De forma a auxiliar na visualização de estruturas metálicas empregadas na construção, destacam-se aqui três diferentes tipos:

Figura 2. Sistema estrutural metálico plano com treliças.



Fonte: www.comoprojetar.com.br

A figura 2 retrata a sede da empresa Unilever, localizada na cidade de Rotterdam, Holanda, e mostra um arrojado empreendimento em que há o emprego de aço, que compõe um sistema estrutural metálico plano treliçado, onde as hastes metálicas trabalham com as forças de compressão e tração.

Figura 3. Sistema estrutural metálico plano aporticado.



Fonte: Dias (2004).

Por sua vez, a figura 3 enquadra o edifício que abriga a sede do banco Itaú, na cidade de São Paulo, capital do Estado, onde nota-se a utilização de contraventamentos dos nós de pórticos, principalmente na fachada arquitetônica.

Figura 4. Sistema estrutural metálico espacial.



Fonte: Medeiros (2017).

Finalmente, a figura 4 mostra o estádio de futebol Beira-Rio, o qual fica na cidade de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul (RS), onde claramente enxerga-se um sistema estrutural em aço como cobertura das arquibancadas.

Alguns aspectos técnicos nesse tipo de estrutura são: grande número de nós – o que viabiliza a instalação –, facilidade no processo de desmontagem, e possibilidade de moldar diferentes formatos arquitetônicos, conferindo beleza, plasticidade e modernidade ao empreendimento, segundo Medeiros (2017).

2.3 Comparativo Entre os Diferentes Sistemas Estruturais

Após a abordagem dos principais apontamentos dos sistemas estruturais de concreto armado e metálicos, adiante serão confrontados ambos os sistemas estruturais, bem como suas vantagens e desvantagens.

Para isso, foram traçadas cinco variáveis de análise, assim identificadas: forças de carregamento (A), características dos materiais (B), custos envolvidos (C), fator tempo (D), fator humano e ambiente de trabalho (E).

De forma a facilitar a visualização dos aspectos positivos da utilização destes sistemas estruturais, segue:

Quadro 1. Vantagens entre dois sistemas estruturais diferentes.

	CONCRETO ARMADO	METÁLICO
Variável	VANTAGENS	
A	Maior suporte às forças de compressão	Maior suporte às forças de tensão
B	Plasticidade Excelente resistência à água Baixa permeabilidade	Flexibilidade Compatibilidade com outros materiais Leveza conferida às fundações
C	Baixo Custo dos materiais base Pronta disponibilidade de matérias-primas	Menor consumo de água/energia elétrica Menor desperdício de material Reaproveitamento das sobras
D	---	Redução no tempo de obra
E	Maior possibilidade de geração de empregos	Menor índice de acidentes do trabalho Maior organização do canteiro de obras Liberdade no projeto arquitetônico Maior área disponível e utilizável

Fonte: elaborado pelo autor com base em Mehta e Monteiro (2008), Pfeil (2009), Cortez *et al* (2017) e Gomes *et al* (2018).

A começar pela variável A (forças de carregamento), o concreto possui vantagem ao suportar as forças de compressão exercidas pela ação da gravidade, principalmente naquelas estruturas em que existe a utilização do concreto armado, enquanto que estruturas metálicas em aço suportam melhor as forças de tensão.

Quanto à variável B (características dos materiais), o concreto apresenta o atributo da plasticidade enquanto fresco, além de ter melhor relação com a água, ou seja, apresenta ótima resistência à água e baixa permeabilidade em ambientes úmidos. O aço, por sua vez, é mais flexível no sentido de permitir que se faça adaptações, ampliações ou até desmontes na estrutura, sendo compatível com outros materiais, como os componentes pré-moldados, por exemplo.

A respeito da leveza do material, quando comparado com o concreto, Gomes *et al* (2018) asseveram que a redução do peso descarregado nas fundações de uma obra pode chegar à 30%.

Quanto à variável C (custos envolvidos), é certo que o concreto tem um custo menor quando comparado ao aço, mesmo porque os seus elementos base (água, areia, brita e cimento) são bastante baratos, além de serem largamente encontrados e comercializados, o que mais uma vez influencia diretamente na competitividade dos preços, e por fim, no custo final do produto.

Já os custos ligados ao uso do aço não estão atrelados à precificação, mas sim dizem respeito à economia ou redução de custos durante o seu processo produtivo, pois de acordo com Gomes *et al* (2018), o material consome menos recurso hídrico, além do gasto com energia elétrica ser reduzido.

Ainda sobre o aço, por se tratar de peça pré-fabricada, praticamente não há desperdício de material no canteiro de obras, e quando ocorrem sobras estas podem ser reaproveitadas, justamente pelo metal possuir bom valor de mercado.

A variável D (fator tempo) está ligada ao tempo de cumprimento do cronograma dentro do prazo estipulado, sendo que o aço quando comparado ao concreto, permite uma redução do tempo de obra em até 40%, seja pela sua prévia fabricação, seja pela sua precisão milimétrica obtida por meio de um rígido controle de qualidade industrial (CORTEZ *et al*, 2017).

Ao final, a variável E (fator humano e ambiente de trabalho) pode ser bastante ampla em sua análise, pois se considerado o impacto social pela geração de empregos, empreendimentos que utilizam o concreto demandam mais mão-de-obra.

Contudo, outros aspectos específicos pesam em favor da utilização do aço, porque sendo as estruturas metálicas fabricadas longe do canteiro de obras, isto propicia a diminuição do índice de acidentes do trabalho, tanto pela melhor organização no *layout* do ambiente de trabalho, como pela ampliação das áreas disponíveis à circulação de colaboradores, tráfego de veículos e máquinas, além de conferir maior liberdade aos arquitetos que pensam estrategicamente o projeto.

De modo a proporcionar melhor visualização dos aspectos negativos da utilização destes sistemas estruturais, segue:

Quadro 2. Desvantagens entre dois sistemas estruturais diferentes.

Variável	CONCRETO ARMADO	METÁLICO
	DESVANTAGENS	
A	Menor suporte às forças de tensão	Menor suporte às forças de compressão
B	Imutabilidade do material após a secagem Maior peso conferido às fundações	Maior incidência de corrosão
C	Perdas não contabilizadas pelo desperdício de materiais	Maior custo devido ao valor agregado Exigência de mão-de-obra qualificada
D	Possibilidades de alteração no cronograma Aumento de tempo na entrega do projeto	Aumento no tempo de entrega do material devido às limitações de mercado
E	Maior índice de acidentes do trabalho Maior geração e acúmulo de resíduos	Incidência de falhas humanas por dependência de mão-de-obra especialista

Fonte: elaborado pelo autor com base em Mehta e Monteiro (2008), Pfeil (2009), Cortez *et al* (2017) e Gomes *et al* (2018).

Iniciando pela variável A, as desvantagens que envolvem as forças de carregamento de ambos os sistemas estruturais são inversamente proporcionais às vantagens, isso quer dizer que, enquanto o concreto suporta menos as forças de tensão, logo o aço suporta menos as forças de compressão.

Um ponto relevante acerca do concreto armado deve ser posto, que é o extenso rol de patologias a que tal sistema estrutural está sujeito, podendo configurar-se como grande desvantagem, caso não sejam observadas as devidas normas, técnicas e procedimentos.

Andrade (1997) pontua que durabilidade dos materiais e desempenho das estruturas são pontos cruciais para discorrer sobre possíveis patologias, pois fatores como considerações errôneas na etapa de projeto, mau armazenamento e transporte de materiais, assim como o manejo adequado no canteiro de obras, interfere diretamente na durabilidade dos materiais, e conseqüentemente no desempenho da estrutura durante seu uso.

Trindade (2015) ataca esses pontos de forma localizada, quando ordena as manifestações patológicas de acordo com as etapas do empreendimento, assim sendo: a) fase de concepção da estrutura (planejamento), b) fase de execução da estrutura (construção), e c) fase de utilização da estrutura (manutenção).

Todas essas fases estão sujeitas às falhas humanas (má interpretação do projeto, mau posicionamento das armaduras de aço, não observância da cura do concreto, entre outros erros cometidos pela mão-de-obra). Ainda, as estruturas podem ser acometidas por causalidades biológicas, físicas, químicas, ou inclusive acidentes de causas naturais ou humanas.

A variável B traz apontamentos importantes acerca do concreto, pois ao contrário da plasticidade demonstrada pela mistura fresca, o concreto seco torna-se enrijecido, conferindo maior peso às fundações e impedindo quaisquer mudanças no projeto.

Uma desvantagem do aço está adstrita à propriedade típica de materiais ferrosos, que são mais propensos à corrosão e oxidação, uma vez que a frequente exposição de estruturas metálicas ao tempo e/ou condições climáticas adversas, exige um tratamento superficial das peças (CORTEZ *et al*, 2017).

Referente à variável C, as perdas não contabilizadas em uma obra que usa concreto são constantes, haja vista o desperdício de materiais, enquanto que as desvantagens dos custos do aço originam-se em seu processo produtivo, pois sendo este um material com maior valor agregado, ao seu preço final também se incorpora o valor da mão-de-obra empregada, a qual deve ser altamente treinada e qualificada.

Quanto à variável D, as desvantagens detectadas em obras em que há emprego de concreto estão ligadas às eventuais possibilidades de alterações no

cronograma, o que culmina no aumento do prazo na entrega do projeto, seja por erro de cálculo quanto ao consumo exato de matérias-primas, seja por imprevistos ou intempéries que impossibilitam o trabalho.

O aço, por ser um material menos acessível que o concreto, pode retardar o tempo de entrega do projeto, pois o mesmo se encontra sujeito às oscilações de oferta e demanda do mercado.

Ao analisar a variável E, o emprego do concreto em construções pode ocasionar maior índice de acidentes de trabalho, devido à maior geração de resíduos e acúmulo de entulhos no ambiente de trabalho, além de provocar outros malefícios que acometem humanos, como o *stress* decorrente dos altos ruídos no canteiro de obras, que inclusive incomoda vizinhos e transeuntes.

Quanto às desvantagens do uso do aço em construções, por se tratar de material que depende demasiadamente de mão-de-obra especialista, está sujeito às falhas humanas, ora no momento da produção, ora no instante da montagem, e isto automaticamente remete à questão das patologias das estruturas metálicas.

Gomes *et al* (2018, p. 95) apontam três pilares fundamentais para todo sistema estrutural metálico: “segurança, durabilidade e funcionalidade”, que por sua vez podem ser ameaçados por falhas humanas diversas, cuja ocorrência se dá por “baixa capacitação dos profissionais destinados à montagem, materiais escolhidos de baixa qualidade, ou até mesmo ações externas do meio”.

Os mesmos autores também identificam outras três falhas que interferem negativamente no empreendimento: falhas no projeto, uso estrutural negligente, e ausência de manutenção.

3 CONCLUSÃO

A presente comparação sistemática mostrou-se bastante produtiva, pois provocou reflexões teórico-práticas e estimulou o surgimento de pontos de vista diversos, entre os dois sistemas estruturais propostos.

Dentre as cinco variáveis identificadas no quadro 1 observamos sete vantagens ligadas à adoção de sistemas estruturais de concreto armado, e doze vantagens decorrentes da escolha de sistemas estruturais metálicos. Também é importante enfatizar que as estruturas metálicas são mais sustentáveis pois podem

ser recicladas e reutilizadas, tornando o canteiro de obras um espaço de trabalho mais limpo e organizado.

Ao analisar as mesmas variáveis, agora dispostas no quadro 2, os sistemas estruturais de concreto armado apresentaram oito desvantagens contra seis dos sistemas estruturais metálicos.

Por fim, traçar uma linha comparativa entre sistemas estruturais de concreto armado e metálicos é tema deveras complexo, não podemos nos esquecer que cada obra de engenharia tem suas necessidades próprias e para identificar qual o melhor sistema construtivo a ser utilizado em determinada obra uma equipe de profissionais qualificados, entre eles: engenheiros e arquitetos, devem trabalhar juntos buscando por um projeto moderno, econômico e sustentável.

REFERÊNCIAS

5 EDIFÍCIOS que Utilizam Treliças Planas em seus Projetos. **Como Projetar**, 2020. Disponível em: <<http://comoprojetar.com.br/5-edificios-que-utilizam-trelicas-planas-em-seus-projetos/>>. Acesso em: 09 Nov.2020.

AGUIAR, E. A. B.; PINHEIRO, L. M. **Pilares de Concreto de Alto Desempenho: particularidades sobre o projeto**. Revista Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 42, p. 111-127, 2008. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mav6VN3X2mUJ:www.set.eesc.usp.br/cadernos/nova_versao/pdf/cee42_111.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 10 Nov.2020.

ALMEIDA, W. R. **Utilização de Sistemas Estruturais Metálicos no Atual Cenário da Construção Civil Brasileira: estudo de caso para a montagem de estrutura e cobertura de galpão industrial de médio porte**. 2017. 44p. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2017.

ANDRADE, J. J. de O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: análises das manifestações patológicas nas estruturas no Estado de Pernambuco**. 1997. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1997.

BUENO, M. M. E. **Avaliação dos Parâmetros de Instabilidade Global em Estruturas de Concreto Armado**. 2009. 88p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/4622>>. Acesso em: 06 Nov.2020.

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO” de Presidente Prudente. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p.

CORTEZ, L. A. da R.; MACIEL, C. A. dos S.; SANTOS, P. B.; LIMA, R. T.; SANTOS, T. M. F. dos; NASCIMENTO, M. M. G. do. **Uso das Estruturas de Aço no Brasil**. Revista de Ciências exatas e tecnológicas, Alagoas, v.4, n.2, p. 217-228, nov./2017. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5215>>. Acesso em: 07 Nov.2020.

CREATIVE COMMONS. **Concrete Constructions**. Disponível em: <<https://ccsearch-dev.creativecommons.org/search?q=concrete%20constructions>>. Acesso em: 03 Nov.2020.

DIAS, R. H. Importância e Interferências da Concepção dos Subsistemas Verticais em Edifícios Altos na Arquitetura. **Vitruvius**, 2004. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.055/520>>. Acesso em: 04 Nov.2020.

GOMES, B. F.; ODAGUIRI, G. O.; OLIVEIRA, V. T. de. **Estudo da Utilização de Estruturas Metálicas na Construção Civil**. Rev. Episteme Transversalis, Volta Redonda-RJ, v.9, n.1, p.83-101, jan./jun.2018. Disponível em:

<<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/883>>. Acesso em: 03 Nov.2020.

INABA, Roberto. **Construções Metálicas: o uso do Aço na Construção Civil**. Portal Metálica, 2016.

LIUBARTAS, D.; BARROS E SILVA, E. A. S. de; SANTOS, E. A. M. dos; SILVA, J. E. da; FORMIGONI, A. **A Sustentabilidade do Aço e das Estruturas Metálicas**. Revista INOVAE – Journal of Engineering and Technology Innovation – São Paulo, v. 3, n. 1, p.92-110, jan./abr.2015. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JVPyJjYbSkAJ:https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/download/382/809+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 11 Nov.2020.

MEDEIROS, Rafael de. Execução de Grandes Vãos em Estrutura Metálica. **Anais de Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, n. 1, p. 108-116, jun.2017. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/cau/article/view/22>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto microestrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

PFEIL, W. **Estruturas de Aço: dimensionamento prático**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

REBELLO, Y. C. P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

SOUZA, M. F. S. M. de; RODRIGUES, R. B.; MASCIA, N. T. **Sistemas Estruturais de Edificações e Exemplos**. Campinas: UNICAMP, 2008. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:19Gwd9SQ_dEJ:www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 01 Nov.2020.

TRINDADE, D. dos S. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. 2015. 88p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS, 2015. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9KyEJD6fSCoJ:coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%2520DOS%2520SANTOS%2520DA%2520TRINDADE.pdf+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 11 Nov.2020.