

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN STEEL AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Evaldo Antonio Figueira Filho

Acadêmico de Engenharia Civil pela Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni. Brasil E-mail: evaldoaff99@gmail.com

Resumo

As estruturas de aço e as estruturas de concreto armado destacam-se dentre diversos tipos de estruturas atualmente em uso no Brasil, sendo o concreto armado mais utilizado, uma vez que apresenta maior custo-benefício quando comparado a outros tipos estruturais. Para a escolha mais adequada ao material base de um projeto que se deseja executar faz-se necessária a análise comparativa dos mesmos, em vários aspectos. Realizada esta comparação, poderão ser analisadas vantagens e desvantagens de cada sistema de estruturas. Este trabalho teve como objetivo, mediante revisão de literatura, analisar comparativamente estruturas de aço, colocando em pauta resistência, aplicabilidade, características e relação custo-benefício de cada uma. Ao analisar a literatura existente acerca das referidas estruturas para a realização deste artigo, concluiu-se que cabe ao responsável técnico confrontar as especificidades da obra a ser executada com as características dos sistemas estruturais em questão examinando assim qual é mais recomendável para suas exigências.

Palavras-chave: Estruturas; Concreto; Aço; Análise; Comparação.

Abstract

Steel structures and reinforced concrete structures stand out among several types of structures currently in use in Brazil, being the most used reinforced concrete, since it presents greater cost-effectiveness when compared to other structural types. In order to choose the most suitable base material for a project to be carried out, it is necessary to have a comparative analysis of them, in various aspects. After this comparison, the advantages and disadvantages of each structure system can be analyzed. This work aimed, through a literature review, to comparatively analyze steel structures, putting on the agenda strength, applicability, characteristics and cost-effectiveness of each one. By analyzing the existing literature on the aforementioned structures for the realization of this article, it was concluded that it is up to the technical manager to confront the specifics of the work to be carried out with the characteristics of the structural systems in question, thus examining which one is most recommendable for their requirements.

Keywords: Structures; Concrete; Steel; Analysis; Comparison.

1. Introdução

Há registros da existência da construção civil desde os primórdios da humanidade, que vão das primeiras edificações utilizadas pelos homens das cavernas até edificações colossais, como as que podem ser observadas nos tempos atuais.

Primitivamente, para atender às suas necessidades, o homem confeccionava estruturas sem diretrizes ou técnicas construtivas definidas. No decorrer do tempo, através das constantes análises e estudos dos resultados das edificações, foi possível aprimorar os métodos e materiais utilizados para construir.

Pode-se destacar, como fator determinante para o êxito deste avanço da construção civil, a utilização e desenvolvimento de novos materiais de construção, como o Cimento Portland, que culminou na criação do concreto moderno e a concepção do aço carbono, que é amplamente utilizado como elemento estrutural.

Através da idealização desses materiais, tornou-se possível o desenvolvimento de estruturas cada vez mais complexas e maiores, garantindo, mediante suas satisfatórias propriedades mecânicas, a resistência necessária para suportar as cargas solicitadas, assegurando assim, estabilidade global à edificação.

O aço estrutural e o concreto armado são presentemente os materiais estruturais mais utilizados mundialmente, o que se deve, em grande parte, à notável relação custo-benefício que ambos materiais apresentam.

Devido à busca incessante por qualidade e eficiência, são inevitáveis as comparações entre os dois sistemas estruturais acima citados. Observando esta necessidade, este trabalho expõe uma análise que aborda vantagens e desvantagens de cada um desses dois modelos.

Objetivos

Através de revisão bibliográfica, o presente artigo objetiva analisar comparativamente estruturas de concreto armado e estruturas de aço, colocando em pauta: resistência, aplicabilidade, características e relação custo-benefício de cada uma.

2 Revisão de Literatura

2.1 O aço

É certo que o aço é um material amplamente utilizado, tornando-se imprescindível para a construção civil devido à sua versatilidade e também às suas excelentes propriedades mecânicas.

Os primeiros registros que se tem da aplicação do aço em edificações datam do século XVIII e têm grande relação com a melhoria dos fornos que eram utilizados para a obtenção do ferro. (FAKURY:2007). Outro fator que foi crucial para o êxito na confecção do aço foi a utilização de coque em sua produção. O coque é um tipo de combustível criado a partir do aquecimento do carvão mineral a altas temperaturas, na ausência de ar e por tempo pré-estabelecido. A utilização deste material como agente redutor conferiu a produção um liga metálica mais pura e homogênea, além de aumentar significativamente a capacidade de produção do metal.

A utilização do aço conferiu grandes avanços à concepção de novas edificações, principalmente a partir do século XIX, quando ainda haviam muitas limitações construtivas devido aos materiais empregados, que consistiam, em sua maioria, em rochas, tijolos cerâmicos e madeira. (SÁLES: 1995).

O aço é uma liga metálica obtida através da refinação do ferro-gusa, que é formada predominantemente por Ferro (Fe) e Carbono (C), além de outros elementos que podem ser inseridos para acrescentar ou melhorar determinadas propriedades da liga. (SILVA:2010).

2.1.1 Classificação do aço carbono

O aço pode ser classificado a partir da quantidade de carbono em sua composição, sendo que, a proporção utilizada determina acentuado impacto nas propriedades mecânicas da liga. (SILVA:2010)

Existe uma grande diversidade de tipos de aço que varia de acordo com os elementos que são adicionados à sua composição e com suas propriedades.

Dentre todos os gêneros, o mais utilizado é o aço carbono, que é uma liga metálica formada por uma porcentagem que varia de 0,008% até 2,11% de carbono. (CHIAVERINI:1997). Sendo assim é possível subdividir e categorizar o aço em três

classes, segundo o percentual de carbono em sua composição química: 1) aços com baixo teor de carbono, aços com médio teor de carbono e aços com alto teor de carbono. (SILVA:2010)

Aços com baixo teor de carbono possuem taxas máximas de carbono de até 0,30%. Apresentam baixo custo de produção quando comparados com outros tipos de aço, são de fácil soldagem e usinagem. Entre suas características mecânicas, se destacam a alta ductilidade e a tenacidade. Os aços de baixo carbono são utilizados principalmente na indústria automobilística, indústria naval e na construção civil. (DIAS: 1997).

Aços com médios teor de carbono apresentam taxas de carbono que variam de 0,30% a 0,50%. Contam com maior resistência e dureza quando comparados com aços de baixo carbono, mas, em contrapartida são menos dúcteis e tenazes. São aplicados principalmente na indústria ferroviária e mecânica. (DIAS: 1997).

Aços com alto teor de carbono contêm percentual de carbono acima de 0,50%. Apresentam alta resistência e dureza e baixa ductilidade e tenacidade. Necessitam de cuidados especiais para serem soldados. Possuem grande resistência ao desgaste por abrasão. Por dispor de boas características de manutenção de corte, são comumente utilizados na fabricação de ferramentas cortantes como serrotes, facas e talhadeiras, além de molas e equipamentos agrícolas. (DIAS: 1997).

2.1.2 Propriedades e características do aço estrutural

Segundo diretrizes da NBR 8800, a seguir estão relacionadas as principais propriedades mecânicas gerais do aço estrutural (ABNT: 2008):

- a) Módulo de Elasticidade Tangente: $E = 200.000 \text{ MPa}$;
- b) Módulo de Elasticidade Transversal $G = 70.000 \text{ MPa}$;
- c) Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$;
- d) Coeficiente de Dilatação Térmica: $\beta_a = 1,2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- e) Massa específica: $\rho_a = 7.850 \text{ Kg/m}^3$.

2.1.2.1 Ductilidade

Um material é considerado dúctil quando o mesmo possui a característica de se deformar quando se encontra sob ação de cargas. (PFEIL: 2009). Esta propriedade é de extrema importância para o aço estrutural, pois, proporciona ao material um maior potencial de deformação antes que ocorra sua ruptura, servindo assim de aviso prévio antes do colapso da estrutura. (FERRAZ: 2003).

2.1.2.2 Ruptura frágil

Também chamada de fragilidade, é uma propriedade antagônica à ductilidade. Os aços podem ser tornar frágeis por efeitos térmicos, como a ação de baixas temperaturas ou até mesmo por soldas inadequadas. (POMPERMAYER: 2018). A ruptura frágil e o estudo de suas condições devem ser certamente observadas, visto que materiais frágeis se rompem bruscamente, sem grandes deformações que serviriam de aviso do colapso da estrutura. (FERRAZ: 2003).

2.1.2.3 Fadiga

Ao ser submetido a ações com grande número de ciclos, ou seja, repetitivos esforços em grandes dimensões, os elementos estruturais de aço podem sofrer colapsos em tensões inferiores a suas resistências nominais, que são obtidas através de ensaios estáticos. (PFEIL: 2009).

2.1.2.4 Tenacidade

A tenacidade é a potencialidade que o material dispõe de resistir à aplicação de forças externas, absorvendo energia mecânica, gerando deformações de regime elástico e posteriormente plástico, precedentemente ao seu colapso. (PFEIL: 2009).

2.1.2.5 Resiliência

Propriedade análoga à tenacidade, porém difere-se no sentido que, ao ser submetida a carregamentos e ao absorver energia, gera deformações apenas no regime elástico, antes que ocorra sua ruptura. (FERRAZ: 2003).

2.1.2.6 Corrosão

Fenômeno químico causado pela exposição e interação do aço com agentes naturais. Resulta na atrição da liga metálica, afetando diretamente suas propriedades mecânicas. (FAKURY: 2007). Este distúrbio pode ser ocasionado por dois processos eletroquímicos: a redução e a oxidação.

2.1.3 Produtos Siderúrgicos Estruturais

2.1.3.1 Perfis

Seguindo classificações impostas pela NBR8800:2008, observa-se que os perfis estruturais mais utilizados na construção metálica brasileira podem ser categorizados em perfis laminados e perfis soldados, de acordo com a forma que são obtidos. (ABNT: 2008).

2.1.3.1.1 Perfis Laminados

São confeccionados através do processo de laminação, que é um procedimento de transformação mecânica dos metais. Neste processo, a seção transversal da liga metálica é modificada continuamente, a quente, mediante sua passagem por dois cilindros paralelos. (FAKURY: 2011). Os perfis laminados possuem seções transversais nas formas H, I, U e L.

2.1.3.1.2 Perfis Soldados

São caracterizados pela junção de perfis ou chapas laminadas simples, sendo usualmente utilizada solda elétrica para realização da associação das mesmas. Tais perfis claramente são de maior custo do que os laminados simples, portanto normalmente são utilizados quando há necessidade de cálculo, ou seja, quando se faz necessário a utilização de perfis mais resistentes. (PFEIL: 2009).

2.1.3.2 Chapas

Assim como os perfis laminados, as chapas também podem ser obtidas através da laminação. As mesmas podem ser laminadas a quente e a frio, além de serem divididas em chapas grossas (que possuem acima de 5 mm de espessura) e chapas finas (que possuem abaixo dos 5 mm de espessura). (PFEIL: 2009).

2.1.3.3 Barras Redondas

Podem ser divididas em lisas e nervuradas; são normalmente utilizadas para aumentar a resistência a cargas de tração solicitante.

As barras lisas são encontradas normalmente com diâmetros que variam de 6,35mm a 88,9 mm e são aplicadas, principalmente, como tirantes ou elementos de contraventamento. (FAKURY: 2011).

Já as barras nervuradas são utilizadas principalmente como armaduras de concreto devido a suas nervuras que dão a aderência necessária entre a barra e o concreto. Podem ser encontradas no mercado com diâmetros que variam de 5,0 mm a 40,0mm. (FAKURY: 2011).

2.1.4 Dispositivos de ligações de peças metálicas

Os meios de união são componentes utilizados na associação dos elementos estruturais para formar a ligação. (VALENCIANI: 1997). Usualmente são empregados dois tipos de ligações que são: por meio de conectores (parafusos) ou solda. (PFEIL: 2009).

2.1.4.1 Parafusos

Os parafusos estruturais utilizados como dispositivos de ligações se classificam em parafusos de baixo carbono e parafusos de alta resistência. (VALENCIANI: 1997).

Os parafusos de baixo carbonobo são parafusos comuns, de qualidade estrutural, fabricados em aço com baixos teores de carbono. Possuem baixa resistência mecânica e podem ser utilizados somente em ligações do tipo contato, onde sua instalação não necessita de um controle de torque a ele aplicado. (POMPERMAYER: 2018).

Os parafusos de alta resistência são comumente produzidos em aço de médio carbono com tratamento térmico. Trabalham pressionando as placas ligadas uma contra a outra, criando assim uma grande resistência ao cisalhamento devido ao atrito criado pelo torque a ele empregado. (VALENCIANI: 1997).

2.1.4.2 Solda

Caracteriza-se como solda o meio de união que utiliza-se do calor produzido por um arco voltaico para realizar a fusão das peças. (PFEIL: 2009).

2.1.5 Sistemas estruturais

2.1.6.1 Treliças

Denominam-se treliças as estruturas reticuladas, formadas por perfis retilíneos que são fixados em forma triangular.

Na análise estrutural de uma treliça, consideram-se as cargas atuando somente sobre os seus nós, que são o ponto de ligação das extremidades das barras constituintes das mesmas. Elas são submetidas apenas a esforços axiais internos.

Por definição, as treliças podem ser divididas em planas ou espaciais.

Treliças planas são denominadas planas por possuírem todos os seus elementos estruturais em um único plano ortogonal. São projetadas para resistir somente a cargas normais coplanares. (DIAS: 1997).

2.1.6.1.2 Treliças espaciais

Já as treliças espaciais, são estruturas reticuladas, tridimensionais e articuladas entre si, ou seja, diferentemente das treliças planas, seus elementos estruturais não são coplanares, desse modo, se fazem eficientes a esforços triaxiais espaciais de carga. (DIAS: 1997).

2.1.6.2 Grelhas

São estruturas planas formadas por vigas coplanares, perpendiculares ou oblíquas que, em conjunto, devem suportar carregamentos que atuam no plano ortogonal ao da estrutura. (DIAS: 1997).

2.1.6.3 Pórticos

Denominam-se pórticos ou quadros, os sistemas constituídos pelo agrupamento de barras retilíneas ou curvilíneas que possuem ligações rígidas entre si. (PFEIL: 2009).

Os pórticos podem ser denominados planos quando possuem seus elementos formadores e seus carregamentos em um mesmo plano, e denominados espaciais quando suas hastes se arranjam em variados planos. (DIAS: 1997).

2.1.7 Sistema de contraventamento

Os contraventamentos constituem-se de barras adicionadas às estruturas com o objetivo de limitar deslocamentos laterais, gerados preponderantemente pela ação do vento e utilização da edificação, garantindo assim a estabilidade global da estrutura. (FAKURY: 2011).

Estes sistemas de contraventamento podem ser classificados de acordo com a forma que as barras são arquitetadas para formar os elementos contraventados. Os modelos mais empregados de contraventamento são em “X”, delta também chamado de “V” invertido e “V”. (FAKURY: 2011).

2.1.8 Vantagens do uso de estruturas em aço

A utilização de elementos de aço como componentes estruturais conferiu grandes avanços à arquitetura e construção civil. Citar-se-á abaixo, as principais vantagens da utilização desse sistema salientasse. (NARDIN: 2008)

- 1) Alívio das fundações e conseqüente redução nos custos das mesma, justificando-se pela notável resistência do aço, o que faz com que a estrutura possa ser dimensionada com perfis mais esbeltos e leves.
- 2) Organização do canteiro de obras devido à dispensa de escoramento, a execução instantânea de múltiplas lajes e o pequeno manuseio a materiais diversos, conferindo assim ao construtor, um ambiente de trabalho limpo e seguro.

- 3) Diminuição no tempo de construção explicada por diversos fatores como: a simplificação do escoramento; a viabilidade da abertura de várias frentes de serviço; a utilização de elementos estruturais pré-fabricados.
- 4) Melhoria do espaço útil, explicada pela utilização de elementos mais esbeltos e pela capacidade de execução de maiores vãos livres com menor quantidade de pilares.
- 5) Controle superior a propriedades dos elementos estruturais, garantindo assim, maior segurança e qualidade a obra.
- 6) Adaptação, que é caracterizada pela compatibilidade com outros sistemas construtivos.
- 7) O sistema estrutural em aço apresenta vantagens no quesito custo em relação ao sistema em concreto armado desde que esteja em conjunto com um projeto adequado.

2.2 O concreto

Concreto pode ser definido como todo material gerado a partir da utilização de um meio cimentante. (NEVILLE & BROOKS: 2010).

Habitualmente, o concreto é formado pela junção de agregado miúdo, agregado graúdo, Cimento Portland e água, além de outros aditivos que podem ser incorporados à mistura com objetivo de melhorar ou adicionar alguma propriedade à mesma. (BASTOS: 2019).

O concreto, mesmo não sendo o mais resistente, é o material estrutural mais utilizado do mundo, isso se deve a sua versatilidade, custo-benefício e durabilidade. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

A concepção do concreto tem direta relação com a idealização do seu elemento aglomerante, o Cimento Portland, que foi criado pelo inglês Joseph Aspdin no ano de 1824. (BASTOS: 2019).

2.2.1 Principais tipos de concreto

Por se tratar de um produto formado pela mistura de outros materiais com características e propriedades distintas, é notável que o produto final dessa junção denominado concreto, é variável de acordo com os elementos e quantidades

utilizadas para constitui-lo. Devido tal variabilidade se faz possível a fabricação de diversificados tipos de concreto, sendo que, os principais serão listados abaixo. (ANDRADE: 2016).

2.2.1.1 Concreto Convencional

Também conhecido como comum, é o tipo de concreto mais utilizado na construção civil. Consiste basicamente na mistura de agregado miúdo, agregado graúdo, cimento Portland e água. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

O concreto convencional apresenta baixa trabalhabilidade e fluidez. (BASTOS: 2019). O lançamento desse tipo de concreto é manual por meio de carrinhos de mão, latas, calhas e caçambas. (ANDRADE: 2016).

2.2.1.2 Concreto Bombeável

Concreto altamente fluido de baixa densidade, utiliza-se em sua concepção maior quantidade de água e agregados de menor granulometria quando comparado ao concreto convencional, além de poder ser adicionados aditivos a sua fabricação. Devido a sua alta fluidez, este tipo de concreto deve ser, quando utilizado, transportado por meio de bombas de concreto para o local de aplicação. (ANDRADE: 2016).

2.2.1.3 Concreto Leve

Apresenta menor massa específica do que outros tipos de concreto. Sua massa específica pode variar de 500 kg/m³ a 1800 kg/m³, enquanto a de concretos comuns varia de 2300 kg/m³ a 2500kg/m³. A notável redução da razão entre massa e volume desse gênero de concreto pode ser obtida através da utilização de agregados leves ou pela incorporação de ar a mistura. (ANDRADE: 2016).

2.2.1.4 Concreto Pesado

Diferentemente do concreto leve, o concreto pesado apresenta altos valores de massa específica, valores estes que são superiores a 3000 kg/m³. Em sua

produção podem ser empregados agregados extremamente densos com o objetivo de aumentar sua massa específica. O concreto pesado é habitualmente utilizado em locais com alta radiação. (BASTOS: 2019).

2.2.1.5 Concreto de Alto Desempenho (CAD)

Concreto idealizado com o objetivo de atingir maior resistência, trabalhabilidade e durabilidade que o concreto tradicional. Para que seja possível alcançar as elevadas resistências solicitadas ao CAD, faz-se necessária a utilização de aditivos que em conjunto com a diminuição da relação água/cimento possibilitam ao mesmo melhorar tal propriedade. (ANDRADE: 2019).

2.2.1.6 Concreto Armado

O concreto armado se consiste na agregação do concreto convencional com uma armadura passiva, habitualmente integrada por barras de aço. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

A incorporação da armadura ao concreto tem como principal objetivo aumentar a resistência da estrutura aos esforços solicitante, principalmente a tração. O concreto armado associa as excelências do concreto com as do aço, criando assim um material muito versátil e de boa resistência. (BASTOS: 2019).

2.2.1.7 Concreto Protendido

De acordo com a NBR 6118, o concreto protendido pode ser definido como aquele no qual uma parcela de sua armadura é alongada por equipamentos especiais de protensão, com objetivo de inibir a fissuração e os deslocamentos na estrutura. (ABNT: 2014).

Diferentemente do concreto simplesmente armado, o concreto protendido possui armadura ativa, ou seja, são previamente aplicadas tensões sobre a armadura com o objetivo de aumentar a resistência da peça. (BASTOS: 2019).

2.2.2 Propriedades Mecânicas do Concreto

2.2.2.1 Resistencia a Compressão

A resistência a compressão é a propriedade mecânica mais significativa do concreto, ela é estimada através de ensaios de corpos-de-prova sujeitos a esforços axiais compressivos. (POMPERMAYER: 2018).

Para a realização do ensaio são confeccionados corpos-de-prova seguindo diretrizes da NBR 5738. (ABNT: 2015). Após determinada quantidade de dias, os mesmos, são levados a uma máquina de ensaio hidráulica ou eletromecânica, onde é aplicada uma carga uniaxial de compressão até que ocorra a ruptura do corpo-de-prova, seguindo determinações da NBR 5739. (ABNT: 2018).

Por meio do ensaio de compressão é possível obter os valores da resistência média do concreto à compressão e da resistência característica do concreto à compressão. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

2.2.2.2 Resistencia à tração

O concreto é um material que apresenta limitada resistência a esforços de tração. Isso se dá devido sua baixa elasticidade, ou seja, por efeito da sua característica de não apresentar grandes deformações antes que ocorra sua falha. (ANDRADE: 2016).

A fim de se determinar a resistência característica do concreto a tração, são executáveis três tipos distintos de ensaios, sendo eles: ensaio de tração direta, ensaio de tração na compressão diametral (splitting test) e ensaio de tração na flexão. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

2.2.2.3 Coeficiente de Poisson

Coeficiente de Poisson pode ser definido como a relação entre a deformação transversal e a longitudinal de uma peça de concreto, quando a mesma é solicitada por um carregamento uniaxial. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

Segundo a NBR 6118, para cargas de compressão inferiores a $0,5 \cdot f_c$ e de tração inferiores a f_{ct} , é praticável utilizar o coeficiente de Poisson igual a 0,2. (ABNT, 2014).

2.2.2.4 Módulo de deformação longitudinal

Também chamado de módulo de elasticidade, fundamenta-se na relação entre a tensão e a deformação do elemento analisado. Para obter esta grandeza, são realizados ensaios onde que a partir dos dados levantados pelos mesmos, são criados gráficos tensão-deformação e através desta relação pode-se calcular o valor do módulo de elasticidade. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

2.2.2.5 Massa específica

Massa específica é a razão entre a massa e o volume do elemento em questão. (RIBEIRO: 2002). Para o concreto esta propriedade está diretamente relacionada com o tipo de agregado utilizado em sua produção. Segundo diretrizes da NBR 6118 é praticável utilizar como valor da massa específica para o concreto simples o valor 2 400 kg/m³ e para o concreto armado, 2 500 kg/m³. (ABNT: 2014).

2.2.3 Principais Características do Concreto

Existem profusos aspectos que podem influenciar nas características do concreto. Fatores que podem variar desde a quantidade e o tipo das matérias-primas, até as condições de adensamento e a relação água-cimento. (Pinheiro, Muzardo & Santos, 2004).

Observando as especificidades acima citadas é praticável indicar como principais características do concreto:

2.2.3.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é uma singularidade do concreto em seu estado fresco, ou seja, antes do início da pega. Esta propriedade garante a mistura a consistência necessária para que possa ser facilmente moldada, sem que ocorra percas significativas em sua homogeneidade. Fatores como o método de adensamento do concreto, o traço e sua consistência têm potencial para interferir diretamente na trabalhabilidade do mesmo. (POMPERMAYER: 2018).

2.2.3.2 Homogeneidade

A caracterização de homogeneidade do concreto está diretamente relacionada com a disposição dos agregados graúdos que estão presentes na mistura. (POMPERMAYER, 2018).

Um concreto pode ser considerado homogêneo quando apresenta uniformidade em todas as fases, desde sua fabricação e transporte, até sua aplicação. A exiguidade de homogeneidade (heterogeneidade) é capaz de ocasionar adversidades que afetam diretamente na qualidade do concreto, como a perda de resistência e durabilidade. (BASTOS: 2019).

2.2.3.3 Consistência

Pode-se definir como consistência a propensão ou aversão que o concreto apresenta de ser escoado, tendo relação direta da coesão do mesmo. (BASTOS: 2019).

No intuito de estipular a consistência do concreto pode-se realizar um ensaio denominado Slump Test, que consiste na verificação do assentamento de determinada amostra da mistura após ser realizado seu abatimento. A NBR NM 67 preconiza todos os procedimentos a serem realizados no determinado ensaio. (ABNT: 1998).

2.2.4 Aspectos positivos e negativos das estruturas em concreto armado

Dentre as principais vantagens em se utilizar estruturas de concreto armado destacam-se (BASTOS: 2019):

- 1) Custo, se justifica pela abundância de seus materiais criadores e por fazer uso de mão de obra que não necessita de grande qualificação e que conseqüentemente é mais barata.
- 2) Adaptabilidade, por se tratar de um material plástico e de relativamente fácil moldagem quando ainda fresco permite ser utilizado nas mais variadas formas e modelos contribuindo para o aspecto arquitetônico da estrutura.

3) Resistência ao fogo, se caracteriza pela notável habilidade que o concreto possui de resistir a altas temperaturas durante determinada quantidade do tempo sem falhar.

4) Resistência a choques e vibrações, é a capacidade que as estruturas de concreto possuem de minimizar vibrações e oscilações.

5) Conservação, desde que bem dimensionadas e executadas, as estruturas de concreto armado dispõem de grande durabilidade, podendo se manter conservadas por longos períodos de tempo

Como principais desvantagens, pode-se destacar a necessidade da utilização de formas e escoramentos, a exigência do dimensionamento de estruturas de elevados volumes e conseqüentemente de elevados pesos próprios e a alteração de volume com o tempo que pode causar fissuras a estrutura. (BASTOS: 2019)

Considerações finais

O presente estudo teve como principal objetivo comparar estruturas de aço e estruturas de concreto armado, visto que, estas se destacam no âmbito da construção civil como os principais modelos estruturais utilizados atualmente.

Por meio da revisão bibliográfica produzida, foi possível salientar propriedades, características, aspectos positivos e negativos de cada um dos tipos de estrutura, sendo assim realizadas análises e verificações relativas ao emprego das mesmas.

As estruturas de aço, ao serem analisadas, evidenciaram possuir melhores resistências nominais, o que permite a utilização de elementos estruturais esbeltos e conseqüentemente mais leves. Esta característica confere alívios a fundação reduzindo assim custos na construção, além de permitir consideráveis aumentos na área útil da mesma.

Outro fator positivo a ser notado é a agilidade de execução das edificações. Observando-se, dentre as desvantagens das estruturas de aço, é cabível dizer que a mais notória é a exigência de mão de obra qualificada, o que pode conferir inviabilidade a este tipo de estrutura, seja por falta de profissionais qualificados ou por altos custos de serviço.

Já as estruturas em concreto armado se mostram superiores no que diz respeito à disponibilidade e custos relativos à mão de obra, além de também possuírem eficientes propriedades mecânicas e relevante resistência a incêndios, fadiga e a intempéries.

Conclui-se que, os dois tipos estruturais aqui citados possuem aspectos positivos e também negativos, cabendo ao projetista a responsabilidade de analisar o projeto delineando aspectos como orçamento, tempo para realização da obra e disponibilidade de mão de obra qualificada, para que após a realização dessa análise o mesmo possa escolher corretamente qual utilizar.

Referências

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**: NBR 8800:2008.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: NBR 5739: 2018.
3. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de: NBR 5738: 2016.
4. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de concreto** – Procedimento: NBR 6118:2014
5. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**: NBR 6120:1980.
6. Andrade, B. S. O. **“CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO SOBRE O PROCESSO HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS, DURABILIDADE, PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SUAS ESTRUTURAS.”** Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia, do Curso de Especialização em Construção Civil - Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções, como requisito final de avaliação para a obtenção do título de especialista. Professor Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnio. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30820/2/VERS%C3%83O%20OFICIAL%20-%20BRUNO%20TCC-REVISADA-%2029.01.16.pdf>> . Acesso em: 09 de novembro de 2021.
7. Bastos, P. S. dos S. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**. Disponível em: <www.feb.unesp.br/pbastos>. Acesso em 09 de novembro de 2021.
8. Chiaverini, Vicente – **Aços e Ferros Fundidos**. 7ª Edição. 2ª Impressão. São Paulo: Editora Associação Brasileira de Metais, 1996.
9. Dias, Luís Andrade de Mattos – **Estruturas de aço: Conceitos, Técnicas e Linguagens**. 8ª Edição. São Paulo: Zigurate Editora, 2006. 4ª Edição. São Carlos: EdUFSCar, 2014.
10. FAKURY, R. H. SILVA, A. L. E. C. CALDAS, R. B. Dimensionamento básico de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto. UFMG, BELO HORIZONTE, 2014, Versão 9.
11. Ferraz, H. **O aço na construção civil**. Disponível em: <<https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST114/O%20A%C7O%20NA%20CONSTRU%C7%C3O%20CIVIL.pdf>>. Acesso em 09 de novembro de 2021.
12. Nardin, F. A. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado na Universidade São

Francisco. Disponível em:

<<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1268.pdf>> Acesso em: 09 de novembro de 2021.

13. Pfeil, W. **Estruturas de aço: Dimensionamento prático de acordo com a NBR**

8800:2008. 3ª Edição. Reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

14. Pinheiro, Muzardo & Santos. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios** – Monografia apresentada a USP – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos - USP – EESC – Dep. Eng. de Estruturas, 2004.

15. Pompermayer, R. **Análise comparativa entre estruturas metálicas e estruturas de**

concreto armado. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 73p. 2018.

16. Sales, J. J. **Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço**. Tese (Doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995.

17. Valenciani, V.C. (1997). **Ligações em estruturas de aço**. São Carlos, 1997, 309p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.