

ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR

Isabella Rose Dantas da Silva¹

Anderson Albino Ferreira²

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo comparativo de custos, entre estruturas de aço e concreto armado, utilizado em obras de edifícios. A parte do projeto estrutural é a etapa incisiva da obra onde o modelo a ser escolhido influencia diretamente nos custos e no cronograma da obra. O método de pesquisa utilizado foi o indutivo, explorando os dados coletados, sendo delineada por meio de documentos e experimentos de cálculo. Na coleta de dados utilizou-se de resultados de softwares, planilhas e tabelas, com isso tiveram-se então os valores quantitativos, podendo assim formular composições de mão de obra e material. Para os dois sistemas, utilizou-se o mesmo projeto, por meio dos resultados foi possível demonstrar o quantitativo dos sistemas, o sistema de aço obteve menor custo em relação ao sistema estrutural de concreto armado.

Palavras-chave: Estruturas de concreto armado. Estruturas de aço. Quantitativo. Custo.

ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR

ABSTRACT

This work has as general objective to present a comparative study of costs, between steel structures and reinforced concrete, used in building works. The part of the structural design is the incisive stage of the work where the model to be chosen directly influences the costs and schedule of the work. The research method used was

¹ Aluna do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte

² Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte

the inductive one, exploring the collected data, being outlined through documents and calculation experiments. In the data collection, results from software, spreadsheets and tables were used, with this, the quantitative values were then obtained, thus being able to formulate compositions of labor and material. For both systems, the same project was used, through the results it was possible to demonstrate the quantity of the systems, the steel system had a lower cost compared to the reinforced concrete structural system.

Keywords: Reinforced Concrete Structures. Steel Structures. Quantitative. Cost.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o mercado imobiliário busca novas formas de satisfazer as necessidades dos clientes. Na atualidade as construções precisam combinar qualidade, preço e prazo de entrega. Com base nessas condições de consumo, a busca por agilidade nas obras, é um fator importante, e está ligada a uma das etapas mais extensas de uma obra, a estrutura, pois deve ser esperado o tempo de cura do concreto e desforma.

O concreto é utilizado nas obras civis durante anos. Diferente de outros países, no Brasil, 80 % das obras é executada pelo sistema estrutural de concreto armado. Esse sistema é utilizado em obras multifamiliares, infraestrutura, e outros segmentos da construção civil, possuindo vantagens e desvantagens, como todo sistema construtivo (AMBROZEWICZ, 2012).

Pode-se dizer que o concreto armado é o sistema construtivo padrão no Brasil, durante o passar dos anos vários foram os aprimoramentos. Entre essas mudanças destacam-se a readequação de pilares e vigas, dimensionamento de novas lajes, concreto protendido, e a aplicação do concreto conforme sua solicitação, por meio de estudos laboratoriais. As estruturas de aço começaram a ganhar seu espaço entre as obras civis. Possibilitando rendimento, menor tempo de execução, em relação ao concreto armado, entre outras vantagens.

O uso do aço em conjunto com outros materiais é uma alternativa ágil e inovadora, pois sua aplicação agiliza a etapa estrutural impulsionando o cronograma geral da construção. Porém, no Brasil, o uso de aço para estrutural de obras seja pouco utilizado (BELLEI, PINHO, PINHO, 2008).

A realização de estudos por diferentes sistemas utilizados na estrutura, como

concreto armado e aço, tornam-se importante para a construção civil. Isso possibilita o aprimoramento contínuo à criação de novas técnicas, e a análise de custo/benefício entre estruturas de materiais distintos. Com isso, esta pesquisa apresenta como objetivo geral comparar os custos/orçamento entre a adoção da estrutura de aço versus a de concreto armado, utilizada em obras de edifícios multifamiliares no padrão definido: 03 pavimentos com 1 elevador, para um edifício na cidade de Natal – RN.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quando é realizado um estudo para construção de uma obra, a escolha do sistema estrutural e do método construtivo influencia no cronograma, custo e vários outros fatores, que formam o escopo de um projeto.

Em estruturas de concreto armado há vigas de pequenos e grandes vãos, onde pode-se destacar, que em vigas de pequenos vãos possuem esforços menores, possuindo pouca área de armadura, ou até mesmo uma armadura construtiva. Já em vigas com grande vão, aumentam-se os esforços de compressão e de tração, fazendo com que se utilizem grandes quantidades de aço, para conter os esforços de tração. Essa verificação acontece, praticamente, para todos os elementos de concreto armado (BOTELHO, MARCHETTI, 2013).

Segundo Bellei, Pinho, Pinho (2008), as estruturas de aço apresentam várias vantagens, como resistência em comparação com outros materiais, é composto por material homogêneo, possuindo uma produção controlada. Os elementos estruturais por serem pórticos desmontáveis possibilitam alterações e detalhes arquitetônicos (quando se trata de vãos de grande monta), e também o prazo de execução é menor, comparado aos demais.

2.1 ESTADOS LIMITES

Segundo Bellei, Pinho, Pinho (2008) o termo ruína é determinado na atualidade como “estado limite” estes divididos em duas categorias resistência e utilização. O estado de resistência é determinado por Estados Limites de Últimos – ELU (são fenômenos determinados por meio da resistência dúctil, máxima flambagem, fadiga, fratura, torção e cisalhamento). Já o estado de utilização determinado por Estados

Limites de Serviço – ELS (ligados diretamente com a ocupação da edificação, causando nas mesmas deformações, vibrações e trincas).

Conforme Bellei, Pinho, Pinho (2008) grande é o número de normas que adotam esses códigos, sendo método adotado também pela NBR 8800 desde sua primeira edição em 1986, a edição de 2008 da ABNT NBR 8800 utiliza também a verificação de segurança estrutural contida na ABNT NBR 8681. Estas mesmas são aplicáveis a qualquer peça estrutural construída com qualquer material de uso na construção civil. Esses fatores de segurança são representados pela Equação 1:

$$Rd \geq Sd \quad (1)$$

O “Sd” representa os valores de cálculo para esforços e “Rd” representa os valores de cálculos de esforços resistentes.

A Equação 2 demonstra os valores de cálculo resistente conforme a situação requerida, sendo assim dividindo os valores de resistências ultimas pelo coeficiente de ponderação (fator de resistência).

$$Rd = Ru/\gamma m \quad (2)$$

A Equação 3 demonstra os valores de cargas atuantes na estrutura, porem cada uma dessas cargas é multiplicada pelo valor de ponderação correspondente ao tipo de carga especifico (cargas permanentes, peso próprio e acidental).

$$Rd = \gamma f \times S \quad (3)$$

O estado limite e dividido em dois aspectos, estados limites últimos e de utilização, e ocorre quando uma estrutura deixa de satisfazer os esforços de um determinado objetivo.

O estado de utilização está ligado com o tempo em que a estrutura é utilizada e também a forma com que a mesma é utilizada, caracterizado pela perca de equilíbrio de corpo rígido, plasticidade de um elemento isolado ou seção, flambagem, ruptura ou fadiga. Já os estados de utilização ligados diretamente ao uso da estrutura, estão relacionados diretamente as deformações excessivas e vibrações causadas pelo uso (PFEIL, PFEIL, 2012).

2.2 ESTRUTURAS DE AÇO

Para Pfeil, Pfeil (2012) a garantia de segurança de uma edificação está ligada a prevenção de colapsos, desempenho da estrutura evitando ocorrências como vibrações, deslocamentos e danos localizados. O conjunto de determinações e especificações é referenciado por norma brasileira ou não, atualmente a ABNT NBR 8800 (2008) é norteada através do método americano de estudos limites AISC (*American Institute of Steel Construction*) e AISC - LRFD (2005).

2.2.1 Métodos de Análise Estrutural

Conforme Pfeil, Pfeil (2012) o cálculo de análise das estruturas é realizado linearmente, possibilitando ações e impactos. Porém em algumas estruturas mistas ou não, podem não se apresentar ação linear, o processo não linear é caracterizado como não linearidade física, onde não ocorre equilíbrio do vínculo tensão e deformação. E por não linearidade geométrica, onde não há equilíbrio dos vínculos de deformação e deslocamento.

A maneira de verificar uma estrutura tem por relação algumas análises, tais como: a análise linear de 1ª ordem (análise linear elástica), que explica a estabilidade da estrutura com o local que ocorreu deformação. Também se tem análise elástica de 2ª ordem, onde a estabilidade ocorre na deformação da estrutura. Tem-se também a análise inelástica de 1ª ordem, onde a parte não linear é a estabilidade da parte deformada da estrutura, uma análise plástica da relação tensão e deformação. Neste mesmo contexto de verificação de estrutura tem-se a análise inelástica de 2ª ordem, que resulta em uma observação completa de não linearidade física e geométrica sincronicamente (PFEIL, PFEIL, 2012).

2.2.2 Modelo de cálculo

Os cálculos da engenharia trabalham de forma simples e representativa com veracidade das estruturas, com esse aprimoramento juntamente com a tecnologia, podem-se obter esses cálculos com mais precisão, trazendo como objetivo segurança e economia. Em relação a parte gráfica, as linhas resultam em pilares e vigas. Quando for a

representatividade das vigas e pilares tem-se linhas que se interligam nos nós, na realidade são inexistentes, portanto, na parte gráfica podem ser utilizados para fins de cálculos (SILVA, PANNONI, 2010).

O esquema de pórticos para estruturas, seguindo essa linha de raciocínio Silva, Pannoni (2010) ressaltam que em uma estrutura é identificado as forças e os momentos, porém tem-se cargas concentradas, e possuem-se forças ao longo da viga sendo elas estáveis ou não estáveis ligadas com peças. Essas ligações podem ser ligadas ou apoiadas isso depende geralmente da análise a ser adotada.

E se obter forças muito próximas, pode-se trocá-las por momentos, normalmente esses dados são calculados com a utilização de aplicativos computadorizados. Onde apenas são informados os valores das forças externas, da estrutura, os deslocamentos dos nós, características da estrutura, entre outras. Esses aplicativos são de responsabilidade do engenheiro estrutural em verificar qual é o melhor para utilização (SILVA, PANNONI, 2010).

Complementa Silva, Pannoni (2010) que após as determinações dos esforços, tem-se a etapa de dimensionamento, que a mesma é realizada por aplicativos computadorizados, e delimitam as seções transversais das barras. Terminado esses processos, basta o engenheiro estrutural verificar se os cálculos são verídicos com a estrutural real, e se necessário realizar os cálculos manualmente.

Para Silva, Pannoni (2010) quando se trata de forças sobre uma estrutura tem-se várias forças atuantes, entre elas estão:

- a) Forças da gravidade;
- b) Ventos;
- c) Temperatura.

Essas ações são definidas como permanentes variáveis e variáveis excepcionais. As ações permanentes são divididas em diretas e indiretas, onde as diretas são o peso próprio da construção, dos materiais e equipamentos e empuxos. E as indiretas são o encolhimento dos materiais, repressões dos apoios e as pressões.

2.3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Para se projetar um edifício é necessário levar em conta algumas considerações, tais como, em estruturas de concreto armado com lajes maciças, vigas e pilares de seção retangular, os esforços que a estrutura poderá sofrer durante sua vida útil (BOTELHO, MARCHETTI, 2013).

Complementa Botelho, Marchetti (2013) que nos pontos onde se tem tração são colocadas barras de aço para a estrutura suportar, já nos pontos onde se tem compressão as mesmas não são utilizadas. Em locais onde a estrutura está comprimida não se utiliza os aços, pois o mesmo tem um custo maior que o do concreto e isso proporcionam além de economia embelezamento da estrutura.

2.3.1 Estabilidade global de estruturas de concreto

As estruturas mesmo sendo simples estão sujeitas as atuações gravitacionais, também as ações laterais como o vento. No caso de estruturas que possuem elevada altura a relação entre a altura e a maior dimensão do projeto pode causar instabilidade no edifício. Embora que as estruturas possuam elevado grau de rigidez suficiente para absolver esses efeitos de segunda ordem através da instabilidade global, é de extrema importância o cálculo do vento sobre as estruturas (CARVALHO, 2009).

Quando as estruturas são expostas a ação do vento através de cargas horizontais e verticais, os nós da estrutura sofrem um deslocamento horizontal. Os efeitos de segunda ordem na esfera horizontal são denominados como efeito global de segunda ordem (CARVALHO, 2009).

Para Carvalho (2009) o intuito de criar soluções facilitadas de cálculo é denominado através da separação de nós, como fixo e móvel. Define como nos fixos aqueles que os deslocamentos horizontais são desprezíveis, e por decorrências seus efeitos de segunda não influenciarem na estrutura. Os nos moveis são aqueles que ultrapassam 10 % dos respectivos esforços de primeira ordem, nestas estruturas deve-se calcular os esforços globais e locais. A modelagem até décadas passadas era executada através de separação de elementos, como laje, vigas, pilares, essa técnica denominada como discretização.

Conforme Carvalho (2009, p.215):

As estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e utilizadas de modo que, sob as condições ambientais previstas e respeitadas, as condições de manutenção preventiva especificadas no projeto conservem sua segurança, estabilidade, aptidão em serviço e aparência aceitável, durante um período prefixado de tempo, sem exigir medidas extras de manutenção e reparo. Quando uma estrutura é composta de diversos pórticos e está submetida a ação lateral devido ao vento, as ações dos elementos podem ser calculadas resolvendo um pórtico tridimensionalmente. Em algumas situações é possível simplificar o problema e considerar o vento atuando em uma associação de pórticos em série.

A modelagem estrutural influência nos resultados obtidos.

As análises são feitas através de barras prismáticas e elementos finitos, em que se considera a laje como uma grelha que vai até as bordas das vigas de contorno e os pórticos com coordenadas analisados tridimensionalmente (CARVALHO, 2009).

2.4 CUSTOS E ORÇAMENTO DE OBRAS

Independentemente do tipo de obra, localização aspectos de projeto atividade econômica entre outros, o custo norteia a importância da obra como um todo. Posteriormente a preocupação com custo é apontada nos princípios do escopo, através do orçamento, que tem por objetivo apresentar o custo geral estimado de cada obra (MATTOS, 2006).

Complementa Giammusso (1988) que a aproximação de custos é um procedimento no qual através de composições de mão de obra, material, horas de equipamento, tem-se um valor aproximado de um bem ou serviço. Os custos variáveis são determinados através de em determinado empreendimento ou projeto a ser executado, é dado pela quantidade de material, mão de obra aplicada em um determinado trabalho, também conhecida como custo direto.

Para Mattos (2006) a estimativa de custos de uma obra e basicamente um exercício de previsão de gastos, esse é estabelecido como orçamento. Esta técnica identifica, descreve, quantifica, analisa a valorização de vários itens. Como este processo é feito antes mesmo do fechamento de contrato, é importante muito estudo para não apresentar lacunas na composição dos itens e serviços. Orçar não é um simples exercício

de futurologia ou estimativa, mas consiste em um trabalho técnico e específico e executado por profissionais capacitados, no geral o orçamento é determinado somando aos custos indiretos e os custos indiretos, e por fim adicionado aos impostos e preço de venda.

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2014) método é definido como um caminho que leva a chegar a em um determinado lugar ou fim. E ainda que, método científico seria uma espécie de conjunto e também procedimentos intelectuais com técnicas adotadas para se atingir o conhecimento.

Para este trabalho foi utilizado o método indutivo. O método indutivo é um segmento mental por intermédio, cuja mesma parte de dados que são particulares, que sejam constatados e que condiz com uma verdade geral. O objetivo do método indutivo é levar a uma conclusão que o conteúdo é mais amplo que as premissas que foram baseadas no início (MARCONI, LAKATOS, 2010).

O nível de pesquisa foi classificado como exploratório, “[...] consiste em apontar o objeto de estudo, e classificar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, determinar as formas de ajustes e controle para a observação dos efeitos que a variável produz no objeto” (GIL, 2014, p. 51).

O delineamento da pesquisa e o instrumento de coleta de dados aconteceu de forma documental, pois segundo Gil (2014) a pesquisa documental é realizada por meio de fontes como tabelas estatísticas, laudos, resultados de softwares, atas, relatórios, projetos e obras originais de qualquer natureza. A análise documental constitui um processo importante na pesquisa qualitativa, seja agregando informações obtidas por outras técnicas, seja apontando aspectos novos de um tema ou problema (GIL, 2014).

A população do trabalho consiste nos sistemas estruturais para construção de edifícios, “Universo ou população define-se por um conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam no mínimo uma característica em comum.” (MARCONI, LAKATOS, 2003, p. 223).

Nesse trabalho trata-se como amostra o sistema de estruturas de aço e concreto armado. A amostragem segundo Marconi, Lakatos (2003) é um componente da população do universo, sendo ela uma das partes mais significativa de tal universo. A

técnica de análise e interpretação aconteceu de forma quantitativa e qualitativa. O âmbito quantitativo da pesquisa acontece, pois, a mesma utiliza uma técnica de avaliação dada através dados matemáticos ou estatísticos e podem ser feitos vários testes e cálculos, geralmente apresentados em forma de gráficos e tabelas (FIGUEIREDO et al.,2014).

Segundo Gil (2014) a análise qualitativa refere-se à análise de dados efetuados em uma pesquisa. Essa técnica depende essencialmente da capacidade e do estilo de quem efetua, a qualidade da pesquisa depende do mesmo.

4 RESULTADO DA PESQUISA

Neste capítulo, apresenta-se o edifício calculado no método construtivo de concreto armado, juntamente com o levantamento de quantitativos e custo das composições de mão de obra e material correspondente a este sistema construtivo, bem como a apresentação desse mesmo edifício dimensionado com estruturas metálicas, o levantamento de quantitativos e custo das composições de mão de obra e material, para posterior comparação dos dois sistemas.

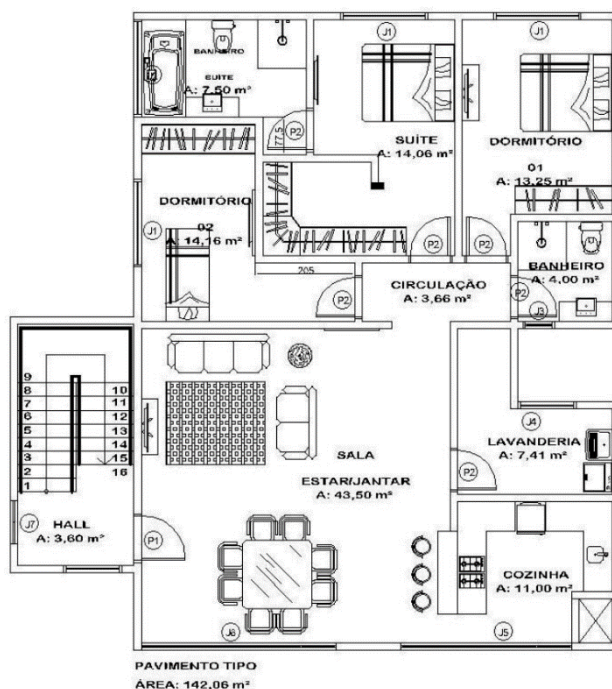
4.1 APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO-PADRÃO

O projeto utilizado como norte para este estudo comparativo trata-se de um edifício residencial localizado na cidade de Natal - RN. Possui em sua composição 2 apartamentos e uma garagem com aproximadamente 145,30 m² por unidade. O edifício possui 3 andares com elevador, apoiado nas fundações, sendo que os dois métodos construtivos foram analisados com o mesmo material para fechamento, revestimento, esquadrias e cobertura, a Figura 1 demonstra o edifício executado.

Figura 1 - Edifício

Fonte: Dados da Pesquisa (2017).

Os elementos analisados foram os pilares, vigas, fundações escadas e lajes, a fim de demonstrar as diferenças de custos entre os sistemas. Os apartamentos possuem 3 quartos sendo um suíte, sala de jantar e estar, lavanderia e cozinha, como representa a Figura 2.

Figura 2 - Planta baixa pavimento tipo

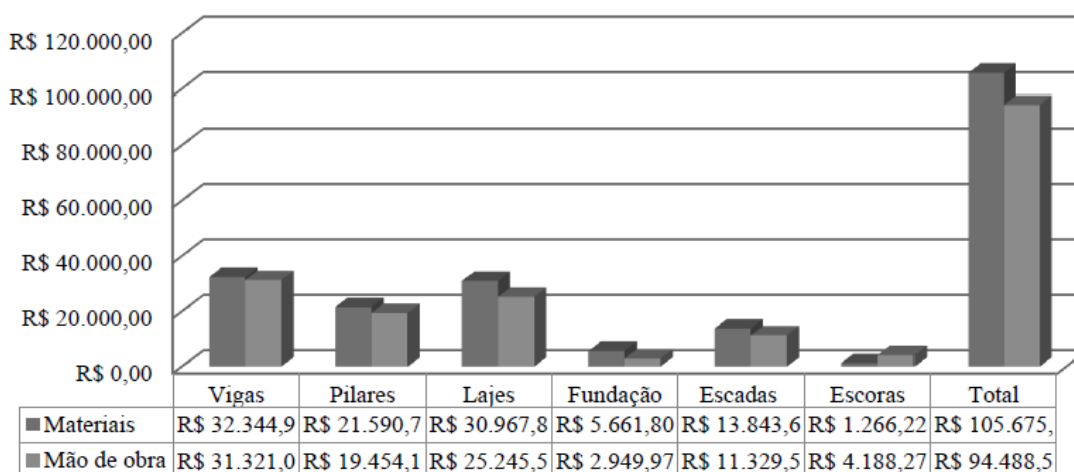
Fonte: Adaptado de Construtora (2017).

A partir da edificação conhecida dimensionou-se a estrutura da mesma pelo sistema escolhidos.

5 CONCLUSÃO

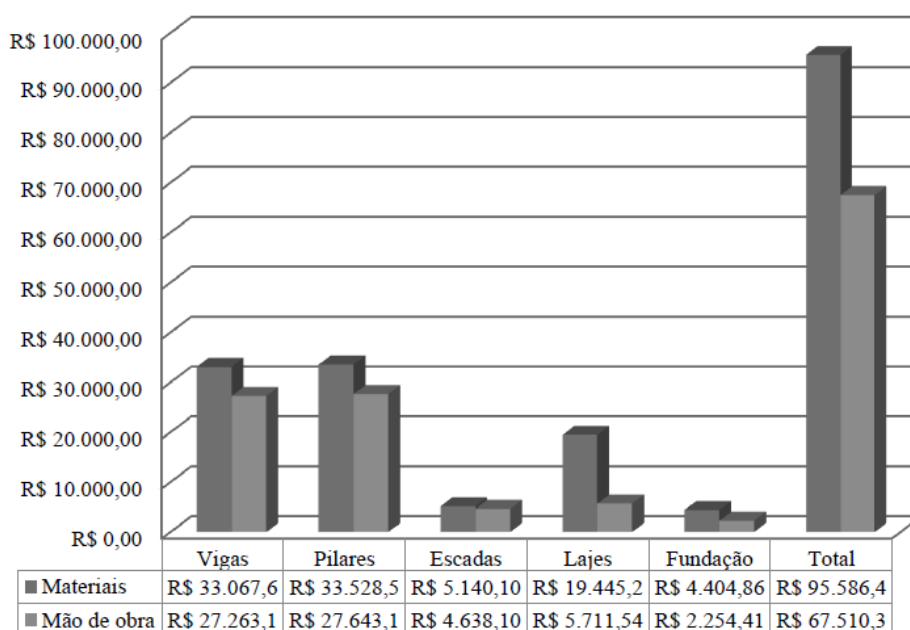
Ao termino desse estudo buscou-se comparar os dois sistemas construtivos adotados, concreto armado e aço, a fim de constatar o qual oferece menor custo final. O levantamento do quantitativo, composições, valores obtidos por meio do SEINFRA e SINAPI, bem como dados fornecidos pelas empresas da área do estudo, possibilitaram a criação de tabelas unindo os valores de mão de obra e material, com o valor de insumos para cada etapa dos sistemas.

Gráfico 1 – Etapas construtivas de concreto armado



Fonte: Adaptado de Construtora (2017).

Gráfico 2 – Etapas construtivas de aço



Fonte: Adaptado de Construtora (2017).

Pode-se demonstrar que a obra de três pavimentos com o modelo arquitetônico semelhante, apresenta diferenças de custo significativo, entre a estrutura de concreto armado e estruturas de aço. O consumo de formas, aço, escoramento e concreto agregam grande valor no custo da obra. Analisando os resultados fica comprovado que o sistema de estruturas de aço, em relação a estruturas de concreto, é mais eficaz. O aço elimina todo o desperdício de materiais, tempo de cura de concreto, os riscos de acidentes decorridos na montagem das formas para a concretagem, sendo que o concreto amado demanda de um número maior de funcionários na execução.

Outro item observado que tem consideradas alterações é a fundação, pois o peso da estrutura de aço possui menor carga. Nesse trabalho foi adotado para o sistema de aço, as lajes *Steel Deck*, a mesma dispensa o uso de escoras, e também possibilita vãos livres de 4 a 5 metros, diminuindo significativamente o peso das lajes na estrutura.

Esses fatores são levados em consideração na atualidade, pois geralmente as obras de interesse social buscam unir a qualidade, agilidade e custo benefício. A estrutura metálica possibilita um controle maior de qualidade, pois as peças são homogêneas. Diferente das peças de concreto, onde as mesmas são consideradas heterogêneas (concreto e aço), fazendo com que o controle de qualidade diminua, por possuir na sua composição vários materiais.

REFERÊNCIAS

ALTOQI (TECNOLOGIA APLICADA Á ENGENHARIA). **Eberick V8 gold. Software para projetos estruturais**. <http://www.altoqi.com.br/eberick/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

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

AMBROZEWICZ, P, H, L. **Materiais de construção**: Normas, Especificações, Aplicação e ensaios de laboratório. 1. ed. São Paulo: Pini, 2012.

BELLEI, L. H.; PINHO, O. P.; PINHO, O. P. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo : Pini, 2008.

BOTELHO, M. H.C / MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. 7. Ed. São Paulo: Blucher, 2013.

FIGUEREDO, Maria A.B.; SCHNEIDER, Débora R.; ZENI, Elton; FORTES ZENI, Vera L. **Pesquisa Científica e Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Chapecó: Uceff, 2014.

GIAMMUSSO, S.E. **Orçamento e custos na construção civil**. São Paulo: Pini, 1988.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATTOS, A.D. **Como preparar orçamento de obras**: Dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

PFEIL, W./PFEIL, M. **Estruturas de aço**: Dimensionamento Prático de acordo com a NBR 8800:2008. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SILVA, V, P/PANNONI, F, D. **Estruturas de aço para edifícios**: Aspectos tecnológicos e de concepção. São Paulo: Blucher, 2010.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil. **Custo de composição sintético, referente a julho de 2017**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662. Acesso em: 10 dez.2021.

SEINFRA. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br>. Acesso em: 11 dezembro 2021.