

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ANNA CAROLINNE PEREIRA DE SIQUEIRA
GUILHERME VINICIUS PERON MACIEL**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO
ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA EM UMA AMPLIAÇÃO DE EDIFICAÇÃO:
ESTUDO DE CASO NA CASA DE SAÚDE UNIÃO EM CARATINGA – MG**

CARATINGA

2019

**ANNA CAROLINNE PEREIRA DE SIQUEIRA
GUILHERME VINICIUS PERON MACIEL**

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO
ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA EM UMA AMPLIAÇÃO DE EDIFICAÇÃO:
ESTUDO DE CASO NA CASA DE SAÚDE UNIÃO EM CARATINGA – MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
das Faculdades DOCTUM de Caratinga,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Análise Estrutural

Orientador: Prof. Eng. José Salvador.

CARATINGA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA EM UMA AMPLIAÇÃO DE EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO, elaborado pelo(s) aluno(s) ANNA CAROLINNE PEREIRA DE SIQUEIRA e GUILHERME VINICIUS PERON MACIEL foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

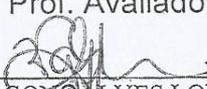
Caratinga 04/12/2019



JOSÉ SALVADOR ALVES
Prof. Orientador



CAMILA ALVES DA SILVA
Prof. Avaliador 1



VITÓRIA IRMA GONÇALVES LOPES DE F. FREITAS
Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos permitido que formássemos em meio a tantas adversidades pelas quais passamos e por conseguirmos chegar até aqui.

Agradecemos ao ilustre professor e orientador Dr. José Salvador Alves, pela grandeza de informações concedidas ao longo do curso e na elaboração da presente monografia, sua participação foi de suma influência em meu tema.

E aos demais professores que ao longo desse caminho direta e indiretamente contribuíram para realização dessa etapa de nossas vidas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transmissão de Esforços de uma Estrutura	15
Figura 2 – Exemplo de Alvenaria Estrutural em Bloco de Concreto.....	23
Figura 3 – Modelo de Composição.....	33
Figura 4 – Locação de Pilares.....	35
Figura 5 – Projeto em Estrutura Metálica Vistas 3D.....	39

RESUMO

Este estudo foi uma análise comparativa entre as estruturas metálicas e de concreto armado, realizado na cidade de Caratinga – MG, tendo como objetivo apresentar as vantagens e desvantagens de tais estruturas e analisar a viabilidade econômica destas. É apresentado no texto os preceitos básicos para implantação das estruturas metálicas. Dados precisos foram obtidos com o uso de softwares como o Cypecad, que tem uma excelente precisão. Os resultados apontam que as estruturas metálicas, embora tenham um valor final um pouco mais elevado, podem ser um excelente método construtivo, não somente em construções industriais, onde são usadas com mais frequência, mais também nas construções habitacionais com ganhos em produtividade e tempo de fabricação e execução. Por sua praticidade, a rapidez e o aspecto arquitetônico, futuramente poderá ser adotado no Brasil, como ocorre nos Estados Unidos da América e Inglaterra um método construtivo bem difundido. Porém atualmente ainda existem muitos aspectos que precisam ser rompidos com estudos sobre a temática, um deles talvez o mais relevante seja a questão cultural em um país onde as edificações são predominantemente construídas de madeira e concreto.

Palavras-chave: Sistemas Estruturais. Praticidade. Edificações. Concreto armado. Estrutura Metálica.

ABSTRACT

This study was a comparative analysis between the metallic and reinforced concrete structures, carried out in the city of Caratinga - MG, aiming to present the advantages and disadvantages of such structures and to analyze their economic viability. It is presented in the text the basic precepts for the implantation of the metallic structures. Accurate data was obtained using software such as Cypecad, which has excellent accuracy. The results indicate that metal structures, although having a slightly higher final value, can be an excellent method of construction, not only in industrial buildings, where they are used more often, but also in residential buildings with gains in productivity and time. manufacture and execution. Due to its practicality, the speed and the architectural aspect, in the future may be adopted in Brazil, as occurs in the United States of America and England a widespread construction method. But today there are still many aspects that need to be broken with studies on the subject, one of them perhaps the most relevant being the cultural issue in a country where buildings are predominantly built of wood and concrete.

Keywords: Structural Systems. Practicality.Buildings.Reinforced concrete. Metal structure.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização	9
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 Justificativa	11
1.4 Estrutura do Trabalho	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Sistema Estrutural	14
2.2 Estrutura de Metálica	16
2.2.1 Dimensionamento Estrutura Metálica.....	19
2.3 Estrutura de Concreto Armado	19
2.3.1 Flexão simples	22
2.3.2 Flexão composta	22
2.3.3 Flexão e Compressão Axial.....	22
2.4 Alvenaria Estrutural	23
2.5 Estrutura de Madeira	24
2.6 Dimensionamento Estrutural Softwares	25
2.6.1 Software de Análise Estrutural Dinâmica	25
2.6.2 Software TeklaStructures	26
2.6.3 Cypecad	26
2.7 Controle de Qualidade	27
2.8 Composição de Custos	27
2.9 Estrutura de Concreto Armado e Estrutura Metálica: Vantagem e Desvantagem	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 Tipo de pesquisa	30
3.2 Ambiente de estudo e especificação de análise	31
3.3 Coletas de Dados	31
3.4 Auxílio de Software	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 Levantamento de Custos do Concreto Armado	36

4.2 Levantamento de Custos da Estrutura Metálica.....	38
4.3 Análise de custos das estruturas	41
4.4 Discussões	43
5. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO A	52
ANEXO B	53
ANEXO C	54
ANEXO D	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O espaço físico dos hospitais está ligado diretamente a sua funcionalidade. Os procedimentos médicos estão inerentes à arquitetura do estabelecimento, à engenharia, à administração dos recursos e suprimentos, todos eles focados na área hospitalar e no atendimento ao paciente. Todos esses meios, procedimentos e recursos estão para viabilizar o objetivo comum de proteção, promoção e recuperação da saúde dos usuários do hospital, construído para o fim assistencial.

O ambiente físico tem impacto significativo sobre a saúde e a segurança, no entanto, os hospitais não foram projetados com o objetivo claro de aumentar a segurança do paciente por meio de projeto de instalações. Por isso é importante a avaliação dos aspectos físico-funcionais dos estabelecimentos construídos para fins assistenciais. Define-se que a garantia da qualidade em saúde significa o esforço permanente realizado no melhoramento da saúde, pela monitorização e avaliação continuada da estrutura, do processo e dos resultados da prestação dos serviços.

Percebendo que há necessidade de ampliação da estrutura para fornecer a população um atendimento assistencial de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) no hospital particular no centro da cidade de Caratinga - MG, foi projetada uma estrutura em concreto armado para a ampliação do mesmo. Porém considerando o mercado da construção civil e seus novos materiais e novas técnicas disponíveis, viu-se a necessidade de avaliar alternativas para este projeto e levantar importantes sistemas estruturais que abrangem a área da engenharia civil, pois assim é possível obter um melhor análise dos tipos que pode-se escolher e qual estrutura utilizar em determinada situação e elaborar o projeto mais adequado.

Como fora mencionado, a ampliação estrutural se deu em uma unidade hospitalar, com isso, por ter sido utilizado tal técnica de ampliação gerou maior transtorno aos pacientes com poluição sonora, maior acúmulo de rejeitos gerando riscos aos usuários da via e tornado o trabalho maior nível de insalubridade aos funcionários do hospital, uma vez que estes ficam expostos a poeira do concreto.

Por esse motivo este trabalho abordará as duas estruturas mais utilizada em obras atualmente, para contribuir com as análises e fomentar o mercado e a área acadêmica, fornecendo análises comparativas estruturais e econômicas,

demonstrando a peculiaridade de cada uma, suas vantagens e desvantagens.

Este trabalho visa apresentar uma comparação de dois sistemas estruturais para a ampliação de um edifício, sabendo que precisamos levar em conta que temos uma parte da construção já existente e receberá sua reforma para ampliar sua edificação, melhorando o empreendimento e fornecendo mais serviços à população local. O objeto de estudo se deu em um edifício hospitalar no centro da cidade de Caratinga estado de MG, que teve ampliação das suas estruturas.

Como já se sabe, existem diversos métodos que podem ser seguidos para a execução de uma ampliação estrutural, mas não iremos nos abster apenas no método utilizado, que é o convencional. Este por sua vez, fora executado nos pavimentos quatro e cinco da edificação, mas com estudo realizado, constatou-se que se utilizasse uma ampliação estrutural metálica evitaria acúmulo de rejeitos, menores riscos de erros em execução, tendo em vista que a estrutura seria moldada *in loco*, mas o custo dessa estrutura em aço precisa ser avaliado sabendo que não é um processo construtivo comum na região.

Assim, pretende-se despertar o meio acadêmico e a sociedade a partir deste objeto de pesquisa o interesse sobre outros sistemas estruturais que podem ser aplicados na edificação em questão como em outras obras, avaliando assim sua viabilidade, entre outros, orçando previamente o âmbito geral dos materiais disponíveis na construção civil e ir além do convencional, assim, este trabalho propõe uma alternativa para o método escolhido, garantindo: segurança na reforma e análise dos custos

Sendo a casa de saúde União, uma edificação destinada ao atendimento hospitalar, e que para tanto deve manter-se funcionando sem interrupções, qual seria o sistema estrutural e construtivo mais adequado para realização da obra de expansão/reforma? Para tanto, foi feito um estudo de viabilidade financeira comparando os custos da obra em concreto armado e em estrutura metálica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar uma ampliação predial dimensionada e executada em concreto armado, redimensionando em estrutura metálica.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar o projeto em estrutura metálica no software Cypecad.
- b) Calcular a ampliação utilizando estrutura metálica.
- c) Estimar os custos do sistema em estrutura metálica de acordo com a tabela SINAPI.
- d) Estimar os custos do sistema estrutural em concreto armado de acordo com a tabela SINAPI.
- e) Avaliar a melhor opção quanto ao custo.

1.3 Justificativa

O interesse por esse estudo se deu pela curiosidade em saber o que motivou a escolha pelo sistema que fora executado (ampliação com concreto armado), e não outro método, como por exemplo, a ampliação com o uso de estrutura metálica. Se houve uma comparação e análise dos custos e a precaução com o ambiente onde é feita a obra, levando em conta ser um ambiente hospitalar, o que requer muita cautela e menor índice de riscos aos usuários das instalações, no caso, os pacientes entre outros.

1.4 Estrutura do Trabalho

Para maior compreensão, o presente trabalho de conclusão de curso teve sua estrutura dividida em cinco capítulos, os quais se encontram descritos a seguir.

Capítulo 1. Disserta de forma sintetizada, através da contextualização, sobre o tempo e a problematização de estudo. Contempla ainda, os objetivos gerais e específicos, além da justificativa e estruturação do trabalho.

Capítulo 2. Apresenta uma revisão bibliográfica abordando de forma mais detalhada os principais assuntos e conceitos inerentes ao tema em questão. Fundamenta teoricamente o presente trabalho.

Capítulo 3. Relata a escolha do software utilizado para projetar a planta em estrutura metálica na edificação.

Capítulo 4. Apresenta os resultados dos custos da obra em concreto armado e apresenta valores de orçamento da obra, caso tivesse sido adotado a ampliação

em estrutura metálica.

Capítulo 5. Conclusões e considerações finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Regularmente as instituições hospitalares necessitam de obras, pois devido ao aumento de demanda e ao aumento da complexidade de atendimento, a implantação de novas unidades ou a ampliação da unidade existente são situações a serem encaradas com seriedade nestas instituições (JOTACÊ, 2002).

Dessa maneira, Miquelin (1992), salienta que durante o período de execução da ampliação de um edifício hospitalar, muitos transtornos podem ser enfrentados pelas diversas equipes de trabalho, dentre eles, destacam-se: ruídos e vibrações com transmissão para equipamentos ou mesmo para a estrutura predial; problemas com descontinuidade operacional de eletricidade, gases, água, esgoto, risco de propagação de infecção hospitalar; acidentes: quedas, desabamentos, inundações por água limpa, esgoto ou chuva; promoção de surtos de alergias respiratórias ou de pele; difusão de odores desagradáveis devido ao uso de variados tipos de produtos químicos como: tintas, vernizes, solventes, colas, etc.; aumento da circulação de pessoas e materiais; redução de espaço para execução das atividades levando a improvisações nas acomodações, entre outros (MIQUELIN, 1992).

Assim, Amorim (2013), contribui com seu entendimento dizendo que muitos são os fatores que devem ser considerados no planejamento e na execução das construções dentro do ambiente hospitalar, principalmente porque, na maioria das vezes, nem sempre é possível a paralisação total ou mesmo parcial do atendimento prestado na área, ou mesmo suas mediações. Quanto maior for o nível de entendimento de todas as áreas envolvidas no projeto da obra ou reforma, maiores são as possibilidades de serem previstos e evitados os riscos e os possíveis transtornos (AMORIM, 2013).

Segundo Varella (2005), não são raras reclamações de áreas que sofrem prejuízos no desenvolvimento de suas atividades, decorrentes dos impactos da obra, por não serem informadas da reforma. Outros problemas também ocorrem, tais como: inadequação da sinalização da obra, uso de barreiras de precaução ineficazes para contenção da infecção hospitalar, erros no descarte dos entulhos, entre outros acontecimentos (VARELLA, 2005).

Com isso, Amorim (2013) enfatiza que todos estes fatos deixam claro para a administração hospitalar onde está sendo executada a obra que há um desconhecimento e desalinhamento das áreas envolvidas em relação às ações a

serem tomadas durante a execução dos projetos de construção. Este déficit de conhecimento, além de trazer muitos problemas, tem impactos negativos na qualidade e para a continuidade das atividades hospitalares na área em obras e também em seu entorno. Outra situação comum é a morosidade na resolução dos problemas das obras e reformas realizadas nas áreas assistenciais. Na maioria dos casos, a solução depende de ações que envolviam várias áreas de interface e também necessitado direcionamento da administração (AMORIM, 2013).

Em especial, Jotacê (2002), acentua que nestas situações, há uma lacuna no elo de comunicação e na coordenação das ações a serem tomadas. Outro problema enfrentado é a inadequação da análise dos riscos de propagação de infecção hospitalar e, conseqüentemente, das barreiras de precaução contra a infecção hospitalar a serem instaladas na área em construção e no seu entorno (JOTACÊ, 2002).

O espaço hospitalar deve ser ordenado e organizado para um fluxo funcional, deve considerar na reforma hospitalar todos os condicionantes envolvidos no processo de projeto, com valorização de todos aqueles que se relacionam nas técnicas construtivas, de projeto e da relação do edifício com o local de inserção, que deve ser sustentável e humanizadora (BITENCOURT, 2006).

Assim, Souza; Ripper (1998), salientam que devido à facilidade de mão de obra, disponibilidade de matérias e logística mais acessível, sendo todos estes fatores incidentes diretos em uma execução de uma obra, pode-se definir os principais sistemas de estruturas usados atualmente na engenharia civil como sendo: Estrutura de concreto armado, estrutura metálica, alvenaria estrutural, estrutura de madeira, entre outros. Logo, a estrutura surge com a finalidade de atender as necessidades de: correção de falhas de projeto ou de execução; aumentar a capacidade de suporte de carga, de forma que permita outros fins de utilização do projeto; restabelecer a capacidade de resistência, visto que é minorada devido a acidentes ou degradação do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

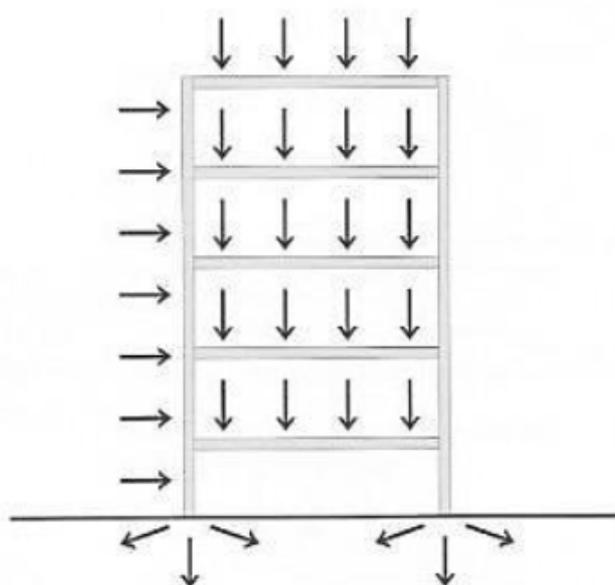
2.1 Sistema Estrutural

Sistema estrutural é o conjunto das partes de uma construção que tem a função de resistir às cargas e distribuí-las adequadamente, sendo cada parte portante, denominada elemento estrutural, deve resistir aos esforços incidentes e

transmiti-los através de vínculos, com a finalidade de transmitir ao solo (DIAS,2006).

Na Figura 1 observa-se o modelo de distribuição de esforços em uma estrutura predial.

Figura 1: Transmissão de esforços de uma estrutura



Fonte: DIAS (2006)

Os elementos estruturais de uma obra (pilares, vigas, lajes), compõem o sistema estrutural, mas a resistência dos mesmos pode variar dependendo do tipo de material que foi utilizado durante a construção, adequando-se com a necessidade da obra, podendo ser de materiais diversos (aço, concreto, madeira, entre outros) (FABRIZZI, 2007).

Desse modo, Pinheiro (2007), enfatiza que na construção civil, existem vários tipos de sistemas estruturais que podem ser utilizados para construir prédios comerciais e residenciais desde a planta e até mesmo para compor uma obra de reforma e ampliação. No Brasil, o sistema mais utilizado é de concreto armado, porém novas tecnologias e novas técnicas surgem para agilizar os processos de construção e cabe aos engenheiros avaliarem o melhor método para determinada obra de construção, reforma e ampliação (PINHEIRO, 2007).

Dentre os vários sistemas estruturais disponíveis, os dominantes são: Estruturas em Concreto, Estruturas Metálicas, Estruturas de Madeira e Alvenaria Estrutural.

2.2 Estrutura Metálica

As estruturas metálicas utilizam peças fabricadas e entregadas prontas na obra, precisando somente de conexões ou soldas. Essas estruturas são boas para se vencer grandes vãos, o que permite para o projeto estrutural alocar mais espaço em planta Associação Brasileira da Construção Metálica(ABCEN).

Desse modo, Caldas, Silva (2016), evidenciam que o uso de metais como matéria prima se iniciou no século 18 na Inglaterra, para construir a ponte sobre o rio Severn que tinha um vão de 30 metros, no decorrer da siderurgia europeia e as máquinas foram evoluindo e na área da construção civil cada vez mais projetos pediam o material em aço, o avanço era inevitável e com isso surgiu no século 19 à tabulação de perfis laminados com cálculos estruturais precisos (CALDAS, SILVA, 2016).

Com isso, Pinheiro (2005), no início do século XX o Brasil importou a arquitetura europeia, que utilizava muitos perfis de ferro pré-fabricado, porém como não havia indústrias siderúrgicas no país, o governo da época junto com iniciativa privada implantou várias fábricas e com isso houve avanços no campo de aço e assim fomentou e supriu por certo tempo à necessidade criada pela arquitetura europeia de construir edifícios e elementos com estruturas de aço (PINHEIRO, 2005).

O ferro-carbono, principal composição do aço, segundo Bellei (2010), é um material composto que consiste de aproximadamente 98% de ferro, com pequeno percentual de carbono (elemento que exerce maior influência nas propriedades do aço), além de silício, enxofre, fósforo, manganês, entre outros (BELLEI, 2010).

Analisando as principais propriedades do aço, conforme citado por Bauer (2013), como alta resistência à tração que varia conforme o tratamento e a composição; resistência à compressão da mesma ordem que a da resistência à tração, mas apresenta alta ductibilidade, contra indicando peças esbeltas para resistir a esse esforço; alta resistência ao desgaste, que varia conforme o tratamento e a composição; alta resistência ao impacto (flexão dinâmica) que varia conforme o tratamento e a composição; baixa resistência à corrosão, sendo os principais agentes corrosivos naturais o gás sulfídrico, a água, os cloretos e nitratos; alta resistência mecânica (fadiga), sempre que o aço for sujeito a esforços dinâmicos

como vibrações, percebe-se que é um material altamente recomendável para compor sistemas estruturais (BAUER, 2013).

Os aços com fins estruturais são normatizados através das ABNT's: NBR 6648:2014, ABNT NBR 6650:2014, ABNT NBR 7007, ABNT NBR 15980:2011, NBR 5920, 5921 e 5008:2009, dentre outras e os aços com fins estruturais *American Society for Testing and Materials* (ASTM), são citados na ABNT NBR 8800:2008. De acordo com Bauer (2013), os perfis estruturais são normalmente fabricados para uma resistência à tração entre 38 e 56 kg/mm², em comprimentos-padrão de 6,9 a 12 m (BAUER, 2013).

Para a elaboração e execução de um bom projeto em estrutura metálica é imprescindível analisar com especial atenção às ligações metálicas. De acordo com a ABNT NBR 8800:2008, as ligações metálicas são elementos de ligação, com diversas finalidades, como enrijecedores, chapas de ligação, cantoneiras e consolos, utilizados por meio de soldas, parafusos, barras redondas rosqueadas e pinos. Para este trabalho serão descritas as ligações metálicas por meio de solda e parafusos (ABNT NBR 8800:2008).

As ligações com solda têm por finalidade unir, emendar elementos metálicos para torná-los uma estrutura de maior complexidade, e devem seguir as prescrições da ABNT NBR 8800:2008.

Segundo Bellei (2010) algumas vantagens das ligações soldadas estão na economia de material e menor peso da estrutura, formação de estruturas mais rígidas, facilidade de modificações e correções nos desenhos das peças durante a montagem e tendo por desvantagens maior resistência a momento onde há necessidade de pouca resistência a esse esforço, redução no comprimento da peça devido à retração quando soldadas grandes extensões, grande consumo de energia elétrica (BELLEI, 2010).

Conforme Bellei, (2010) os processos de soldagem mais utilizados e referendados na ABNT NBR 8800:2008, são:

- a) Arco elétrico com eletrodo revestido *Shielded Metal ArcWelding*- (SMAW)
– Também conhecido como processo manual de soldagem, que tem como característica o uso de equipamento que produz uma corrente necessária para à obtenção do arco elétrico entre o eletrodo revestido e as partes a serem fundidas (BELLEI, 2010).

- b) Arco elétrico com proteção gasosa *Gas Metal ArcWelding*– (GMAW) – Também conhecido como processo MIG, MAG, TIG com sistemas de controle do arco automaticamente através da alimentação do eletrodo de forma contínua na qual o arco elétrico é protegido por uma atmosfera gasosa (BELLEI,2010).
- c) Arco elétrico com fluxo no núcleo *Flux CoredArcWelding*– (FCAW) – Também conhecido como processo a arco elétrico com sistemas de controle do arco automaticamente através da alimentação de um eletrodo tubular na qual o arco elétrico é protegido por um fluxo granulado interno, com ou sem proteção por atmosfera gasosa (BELLEI,2010).
- d) Arco submerso *SubmergedArcWelding*– (SAW) – Também conhecido como processo a arco elétrico que utiliza equipamentos automáticos ou semiautomáticos que alimentam o eletrodo continuamente, tendo o arco submerso pelo fluxo (BELLEI,2010).

As ligações parafusadas têm a mesma finalidade que as ligações soldadas de unir, emendar elementos metálicos para torná-los uma estrutura de maior complexidade e devem seguir as prescrições da ABNT NBR 8800:2008.

Bellei(2010), cita algumas vantagens deste tipo de ligação como a rapidez à montagem em campo, economia de energia, mão de obra reduzida e menos especializada e maior resistência à fadiga; tendo por desvantagens a necessidade de verificação de áreas líquidas e esmagamento das peças, necessidade de previsão antecipada do quantitativo de parafusos e necessidade de pré-montagem em fábrica para gabarito dos furos.

Segundo Bellei (2010), os principais tipos de parafusos empregados nas ligações são:

- a) Parafusos torneados – Empregados onde há necessidade de maior precisão no ajuste, com uma diferença inferior a 0,4 mm entre o parafuso e o furo (BELLEI,2010).
- b) Parafusos comuns ASTM A307 – Empregados em estruturas leves, membros secundários, plataformas, passadiços, terças, vigas de tapamento, pequenas treliças, provisoriamente antes da execução de ligação soldada ou pré-montagem, dentre outras que apresentem cargas pequenas e estáticas, por apresentarem baixa resistência (BELLEI,2010).

- c) Parafusos de alta resistência ASTM A325 e A490 – Empregados quando há necessidade de resistir a grandes solicitações de tração e cisalhamento, como nas estruturas pesadas, membros principais e cargas dinâmicas, como nas ligações de vigas com pilares, contraventamentos de estruturas com mais de 40 m de altura, ligações de peças sujeitas a ações de impactos ou tensões reversas, quando e onde especificado em projeto estrutural (BELLEI,2010)

2.2.1 Dimensionamento de estrutura metálica

O projeto estrutural visa fornecer a segurança da estrutura evitando que a mesma se rompa, ou até mesmo causar algum tipo de deslocamento, danos locais e fissuras. Na fase de projeto é necessário verificar os tipos de materiais, tipos de perfis e as ligações que serão utilizados na estrutura. Nas fases de dimensionamento e detalhamento, são utilizados conjuntos de regras, especificações e critérios para cada tipo de estrutura de acordo com as normas vigentes (ABNT NBR 8800:2008).

Para efeito de cálculo a ABNT NBR 8800 (2008) adota, para os aços, os seguintes valores de propriedades mecânicas: Módulo de elasticidade, $E = E_a = 200000$ MPa; Coeficiente de Poisson, $\nu_a = 0,3$; Módulo de elasticidade transversal, $G = 77000$ MPa; Coeficiente de dilatação térmica, $\beta_a = 1,2 \times 10^{-5}$ °C⁻¹; e Massa específica, $\rho_a = 7850$ kg/m³.

2.1.3 Estrutura de Concreto Armado

Concreto armado é definido como a união do concreto simples e de um material resistente à tração de tal modo que o elemento de concreto armado resista as ações solicitantes (BASTOS, 2006).

São elementos de concreto armado “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 aderência” (ABNT NBR 6118:2014. p. 4). Esta norma também define que a armadura do concreto armado deve estar em estado passivo, ou seja, não pode ser alongada (protendida) antes da concretagem (ABNT NBR 6118:2014. p. 4).

O uso tão amplo deste material em nossas cidades parece ser resultado daquilo denominado como “tecnologia formal adaptada”, isto é, uma tecnologia que importa não só materiais, como procedimentos, normas e tipologias dos países centrais, porém aplicados de modo apenas parcial e incompleto (PELLI, 1989).

Com isso, Freire (2001), enfatiza que hoje em dia, está disponível no mercado a opção de comprar o aço já dobrado ou em barras, onde estas serão dobradas pelos armadores no canteiro de obra, para que atendam as medidas adequadas onde serão utilizadas evitando erros de execução. Porém é essencial que haja um controle de qualidade para checar se a armadura que foi executada condiz com o que está no projeto, tanto em bitola quanto em comprimento das barras, espaçamentos, quantidade e prumo (FREIRE, 2001).

Assim como todos os materiais de construção, o cimento e seus agregados devem ser armazenados de maneira adequada na obra. É importante que haja controle da umidade nos agregados, para garantir que a quantidade de água desejada na mistura seja alcançada. As especificações dos agregados para concreto podem ser encontradas na (ABNT NBR7211:2005).

A ABNT NBR 12655:2015: “*Concreto – Preparo, controle e recebimento*” especifica as diretrizes para corretos procedimentos de concretagem. O serviço de concretagem consiste em receber ou produzir o concreto *in loco*, transportá-lo até o local de aplicação, lançá-lo nas fôrmas, espalhá-lo, adensá-lo, nivelá-lo e dar-lhe o acabamento necessário para depois curá-lo (FREIRE, 2001).

Segundo Moraes (2012), o concreto tem como principais propriedades a consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade, cabendo ressaltar que as etapas de fabricação e moldagem da estrutura interferem em suas características finais. O adensamento consiste em não deixar vazios, de maneira que todos os espaços das formas sejam ocupados a fim de evitar a segregação de seus materiais que integram sua mistura (MORAES, 2012).

Para Moraes (2012), a cura (que se inicia logo após a concretagem, ou seja, a fase em que o concreto começa a se solidificar), é o processo no qual o concreto é submetido logo após o adensamento e deve ser de acordo com as normas técnicas vigentes, garantindo assim o maior ganho possível de resistência. Define-se consistência como sendo na fase em que o concreto está fresco, onde este irá respeitar o traço pré-definido, podendo ser mais denso ou não, atendendo a necessidade da obra. A capacidade que o concreto apresenta de se deformar, está

diretamente relacionado à presença de granulometria dos agregados, quantidade de água utilizada, processo de transporte, lançamento, adensamento e o emprego de produtos químicos específicos (MORAES, 2012).

Com isso, Freire (2001), enfatiza que a trabalhabilidade do concreto é a propriedade no estado fresco que determina a facilidade e a homogeneidade com que ele pode ser misturado, lançado. Existem os concretos, auto adensáveis que são fluídos e por terem aditivos em sua composição, dispensam o adensamento mecânico. Homogeneidade é a distribuição dos agregados graúdos presente no concreto e é um fator relevante que interfere diretamente na qualidade do concreto (FREIRE, 2001).

Uma homogeneidade aceitável pode ser obtida com uma boa mistura durante a fabricação e um meticoloso transporte até o local de aplicação do concreto. Além disso, devem ser tomados cuidados quanto ao lançamento e adensamento do concreto na estrutura. Todos os procedimentos pertinentes à execução de concreto destinados a estruturas estão definidos na ABNT NBR 14931:2004.

Segundo Cunha (2014), o processo mais simples e usual para adensar o concreto é a vibração mecânica, a qual é realizada pela imersão de vibradores na mistura de concreto já aplicado nas formas. Para um correto adensamento, não deve faltar energia à mistura, mas deve-se evitar o uso em excesso do vibrador, que ocasiona a segregação, ou seja, a separação dos elementos. O endurecimento do concreto começa poucas horas após sua produção, e o período entre o início do endurecimento até ele atingir uma situação que possa ser desenformado (CUNHA, 2014).

Para complementar o raciocínio, enfatiza Carvalho (2014), que mesmo sem ter atingido sua resistência total, é chamado de “pega” (que é o momento em que, após a adição de água, inicia-se as reações químicas de cristalização do cimento que culminam no endurecimento e na solidificação da mistura), usualmente, define-se o início da pega quando a consistência do concreto não permite mais sua trabalhabilidade, ou seja, quando não é mais possível lançá-lo nas fôrmas e adensá-lo (CARVALHO, 2014).

Logo Cunha (2014), evidencia que após o início da pega, o concreto começa a sua hidratação, que consiste em eliminar a água contida em sua mistura através da evaporação pelos poros. A evaporação antecipada resulta em uma retração, a qual gera tensões tracionais que não são suportadas pelo concreto, causando

fissuras que diminuem a resistência final esperada do concreto. Portanto, a cura do concreto consiste em molhar todas as superfícies aparentes, evitando assim, a secagem precoce do material (CUNHA, 2014).

2.3.1 Flexão simples

Basicamente, flexão simples é definida como flexão sem força normal. Uma vez que há atuação de força normal, obtém-se então a flexão composta (SANTOS, 1983).

Nas estruturas de Concreto Armado são três os elementos estruturais mais importantes: as lajes, as vigas e os pilares. E dois desses elementos, as lajes e as vigas, são submetidos à flexão normal simples, embora possam também, eventualmente, estarem submetidos à flexão composta. Por isso, o dimensionamento de seções retangulares e seções T sob flexão normal simples é a atividade diária mais comum aos engenheiros projetistas de estruturas de Concreto Armado (SANTOS 1983 p.24).

O estudo da flexão normal simples proporciona entendimento dos mecanismos resistentes do concreto sob compressão e pelo aço sob tração, em seções retangulares e T, visando levá-lo a bem dimensionar ou verificar a resistência dessas seções (SANTOS, 1983).

2.3.2 Flexão composta

Segundo Henrique (2012) a flexão composta quando há uma ação combinada de força normal e momentos fletores, que podem decorrer da excentricidade, com relação ao eixo do elemento, de força atuando na direção longitudinal. Há incidências de flexão normal compostas em vigas protendidas, pilares, eixos assimétricos, entre outros (HENRIQUE, 2012).

Ainda, Henrique (2012), os momentos fletores podem decorrer da excentricidade, com relação ao eixo do elemento, de força atuando na direção longitudinal. Podemos ter a ocorrência da Flexão normal composta, em vigas, vigas protendidas, pilares, eixos assimétricos, entre outros. (HENRIQUE, 2012).

2.3.3 Flexão e compressão axial

Sabe-se que durante a execução de um projeto de engenharia civil há diversas cargas que atuam no corpo da estrutura, flexão é um esforço físico atuante onde a deformação ocorre perpendicularmente ao eixo do corpo e paralelamente à força atuante (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

A força de flexão se divide em: Força axial positiva e força axial negativa. Esta por sua vez é denominada como sendo uma força atuante nos extremos da barra (“empurre” as extremidades). Aquela se dá quando há um sentido que determine a tração dos extremos da barra (“puxe” as extremidades), (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

2.4 Alvenaria Estrutural

Na alvenaria estrutural, Freitas (2019), realça que se une a estrutura e a vedação do edifício utilizando blocos cerâmicos ou de concreto. O projeto de alvenaria estrutural deve ser detalhado e já com compatibilização de outros projetos como: projeto elétrico, projeto hidro sanitário e para projetos comerciais, projetos de incêndio (FREITAS, 2019).

A Figura 2 mostra um exemplo de edificação em alvenaria estrutural, esta segue o bloco que será utilizado.

Figura 2: Exemplo de alvenaria estrutural em bloco de concreto



Fonte: Pereira, 2018

Desse modo, Pereira (2018), enfatiza a alvenaria estrutural de que esta necessita de mão de obra mais especializada, pois se as paredes não ficarem niveladas e no prumo, podem ocorrer acidentes, já que as paredes sustentam a edificação. Para edificações com mais de 4 pavimentos, deve-se utilizar barras de aço juntamente com os blocos de alvenaria estrutural. Tais vantagens: rapidez e facilidade de construção; redução da mão de obra; maior economia; maior qualidade na execução; menor desperdício de materiais. As desvantagens: as paredes não podem ser removidas sem recolocar um elemento estrutural para suprir as cargas; limitações estéticas nos projetos arquitetônicos; vãos livres limitados (PEREIRA, 2018).

2.5 Estrutura de Madeira

De acordo com Morikawa (2006), o sistema estrutural em madeira é mais utilizado nos Estados Unidos da América (EUA), utiliza perfis de madeira maciça. A madeira tem diversas propriedades que torna ela muito atraente frente a outros materiais. Dentre essas, são comumente citados o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico e elétrico, também por ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas (MORIKAWA, 2006).

Segundo Zenid (2011), o aspecto que distingue a madeira dos demais materiais é a possibilidade de produção sustentada nas florestas nativas e plantadas e nas modernas técnicas silviculturas empregadas nos reflorestamentos, que permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso final desejado. O fato de a madeira ser o resultado do crescimento de um ser vivo, implica em variações das suas características em função do meio ambiente em que a árvore se desenvolve. A esta variabilidade acrescenta-se que a madeira é produzida por diferentes espécies de árvores, cada qual com características anatômicas, físicas e mecânicas próprias (ZENID, 2011).

A madeira é um material higroscópico, Morikawa (2006), sendo que várias de suas propriedades são afetadas pelo teor de umidade presente. Sua natureza biológica submete-a aos diversos mecanismos de deterioração existentes na natureza. A essas características negativas acrescenta-se sua susceptibilidade ao fogo. Essas desvantagens da madeira podem ser eliminadas ou, ao menos,

minimizadas, bastando para tal o emprego de tecnologias já disponíveis e de uso consagrado nos países desenvolvidos (MORIKAWA, 2006).

No entanto, Zenid (2011), enfatiza o desconhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a insistência em métodos de construção antiquados, são as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais. Essa situação, aliada à tradição herdada dos colonizadores espanhóis e portugueses geraram na América Latina, um preconceito generalizado em relação ao uso mais intensivo da madeira na construção civil de edificações (ZENID, 2011).

2.6 Dimensionamento estrutural utilizando Softwares

Os softwares para utilização de cálculos de sistemas estruturais auxiliam no dimensionamento e detalhamento de estruturas, auxiliam e aceleram a concepção da ideia do projeto. Alguns softwares mais utilizados para dimensionar estruturas metálicas são: *software de Análise Estrutural e Dinâmica* (SAP); Software TeklaStructures (TEKLA); *Cypecad*.

2.6.1 SAP: software de Análise Estrutural e Dinâmica

Segundo *Computers and Structures, Inc. Csi* (1997), empresa responsável pela elaboração do programa, diz que o programa é versátil e conta com um bom sistema de análise estrutural. Usado geralmente por engenheiros é empregado em projetos de infraestrutura de obras, transporte, instalações de grande porte, e instalação para geração de energia. Com técnicas analíticas avançadas permite análises de Eigen e Ritz. Também analisa catenária de cabos, não-linearidade física com rótulas, apresenta resultados para elementos de casca não-linear de múltiplas camadas, flambagem, colapso progressivo, amortecedores dependentes de velocidade, energia para controle de tração, isoladores de base, análise não-linear de construção segmentada e plasticidade de apoio (CSI, 1997).

Essas análises podem ser não-lineares estáticas e dinâmicas com variadas cargas no tempo (time-history), integração direta e com opções de análise dinâmica FNA não-linear. Programa faz análise desde um pequeno pórtico 2D até uma análise dinâmica não-linear 3D CSI (1997).

2.6.2 Software Tekla Structures

De acordo com Trimble (2019) voltado para projetos de construção e gerenciamento de infraestrutura. Com modelagem precisa, o programa é usado principalmente nas estruturas metálicas e em concreto armado (que usa ferro). (TRIMBLE,2019)

O programa Tekla também pode estabelecer interface com outras aplicações de análise e design (A&D), por meio de ferramenta adicional do programa. Também permite o compartilhamento de informações, modelos e planos com outros softwares específicos da arquitetura e MEP (mecânica, elétrica e hidráulica). (TRIMBLE, 2019)

2.6.3 Cypecad

É um eficiente e prático programa pensado para realizar o cálculo de estruturas de barras de betão, de aço, mistas (aço e betão), de alumínio, de madeira, ou de qualquer material, incluindo o dimensionamento de ligações (soldadas e aparafusadas de perfis de aço laminado e composto em duplo T e perfis tubulares) e as fundações com placas de amarração, sapatas, maciços de encabeçamento de estacas, lintéis e vigas de equilíbrio (CYPE,2019).

Possui entrada de dados gráficos fácil, onde o usuário pode desenhar a estrutura com comando de cotas. Basta informar as dimensões do projeto ou ainda importar um desenho feito em qualquer *software* CAD (arquivos dwg ou dxf). As linhas do desenho serão transformadas em barras, sem a necessidade de redesenhar toda a estrutura. Através do cálculo automático dos coeficientes de flambagem, o software determina os valores apropriados. Após o cálculo, o *software* gera um relatório com todas as barras que não satisfizeram as especificações conforme a norma escolhida e já indica o perfil ideal para a situação(CYPE,2019).

Também permite a discretização de estruturas mediante placas (elementos planos bidimensionais de espessura constante cujo perímetro esteja definido por um polígono) para calcular os seus esforços e tensões (CYPE,2019).

Desse modo, percebe-se que o CYPE tem vários recursos que podem ser utilizados antecedendo há construção da obra de fato, evitando erros, perda de prazos, e economia de material (CYPE,2019).

2.7 Controle de Qualidade

Durante a execução de qualquer projeto, é de suma importância que se faça o devido controle de qualidade, sendo aplicado em qualquer sistema estrutural. Dessa maneira, por se tratar da execução de um projeto de ampliação que modificará a estrutura do edifício, é necessário que se tenha um profissional que siga fielmente o projeto pré-estabelecido, onde muitas das vezes, é um experiente mestre de obras que fica responsável por esse controle ou o próprio engenheiro civil responsável (ABNT NBR 12654:1992).

Para Paladini (2004), a própria evolução do conceito de qualidade mostra que se saiu de uma situação em que o esforço pela qualidade se resumia a atividade de inspeção, para um ambiente no qual a qualidade é definida da forma mais ampla e abrangente possível. Sendo assim, quando se menciona Gestão da Qualidade Total deseja-se, na verdade, lembrar que existe um novo modelo de gestão, baseado em um novo modelo de qualidade (PALADINI, 2004).

Desta forma, o controle de qualidade visa eliminar todas as imperfeições existentes no processo de produção, devendo ser visto como uma atividade permanente com o envolvimento de todos operários na participação efetiva dos programas de melhoria da qualidade, visando ter um acompanhamento rigoroso para poder alcançar a resistência máxima de uma obra (ROSSATO, 1996).

Pois, caso ocorra erros de execução, estes por sua vez são irreparáveis tornando o sistema abalado ou inviável, haja vista que será comprometida toda a estrutura sendo necessário demoli-la perdendo assim todo o investimento, gerando retrabalho e etc. Portanto, é somente com um controle rigoroso de qualidade é possível tornar viável a execução dos sistemas estruturais em obras (ABNT NBR 12654:1992).

2.8 Composição de Custos

Um dos procedimentos mais importantes em uma obra, segundo Ribeiro (2017), é o orçamento, ele permite se ter uma visão de como o projeto irá caminhar durante a sua execução. Nele, é realizado o escopo de todo o projeto, no qual procura-se prever quais serão os custos envolvidos, bem como os prazos de execução. Porém, como o orçamento envolve diversos elementos, com inúmeros

cálculos, ele exige uma atenção especial para que os erros sejam evitados ao máximo. Uma importante ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar no processo de ornamentação é a composição de custos dos serviços que serão executados na obra (RIBEIRO, 2017).

A composição de custos unitária de serviços, enfatiza Ribeiro (2017), é um conjunto de informações que apresentam os insumos com seus respectivos consumos, necessários para a execução de uma unidade de serviço (RIBEIRO, 2017).

A composição de custos de serviços é uma ferramenta relacionada à engenharia de custos, utilizada na elaboração de orçamentos de obras e serviços. Em geral, são considerados os índices de produtividade da mão de obra e o consumo de materiais e equipamentos para a execução de uma unidade de serviço (CAIXA, 2019).

Alguns orçamentistas costumam utilizar bases como referência para a composição de custos, usando banco de dados como o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), a Tabela de Composições e Preços para Orçamentos (TCPO), Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte(DNIT) entre outras. A função delas é servir como referência, porém sem representar uma verdade única (RIBEIRO, 2017).

Pois cada composição de custos é individual e necessita ser elaborada de acordo com suas condicionantes, tais como: experiência e motivação da equipe, clima, dificuldades de acesso, horário de trabalho e etc. Quanto maior a experiência, por exemplo, maior é a habilidade e, conseqüentemente, melhor é a produtividade (RIBEIRO, 2017).

Com base nessas informações foi usado a composição de custos SINAPI para compor as estruturas em concreto armado e aço. O SINAPI é indicado como fonte oficial de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços pelo Decreto 7983/2013 (critérios para orçamento de referência) e pela Lei 13.303/2016 (LEI DAS ESTATAIS).

2.9 Estrutura de Concreto Armado e Estrutura Metálica: Vantagens e Desvantagens.

As vantagens em se usar estrutura metálica em uma reforma, segundo Aguiar (2014), são: facilidade executiva; aumento irrelevante na seção das peças estruturais, não comprometendo o espaço da área a ser recuperada; obra rápida e limpa, causando menor transtorno aos usuários; permite utilização parcial da edificação durante a obra (AGUIAR, 2014).

Porém, Santos (2006), as desvantagens são: peso excessivo das chapas limitando a utilização para vãos maiores e o manuseio por parte da mão de obra; incorporação de grande peso à estrutura em relação a outros métodos; limitações decorrentes da temperatura; necessidade de aplicação de proteção contra incêndio e corrosão; dificuldade na detecção e localização de possíveis corrosões na ligação entre a chapa e o adesivo; necessidade da criação de juntas de dilatação nas chapas devido às limitações do comprimento; tendência de descolamento dos bordos da chapa devido à concentração de tensões (SANTOS, 2006).

Dessa maneira, Camargos (2013), cita algumas vantagens e desvantagens do método de ampliação por concreto armado com aumento da seção transversal da estrutura (CAMARGOS, 2013).

Vantagens: não necessita de mão de obra especializada; facilidade na aquisição dos materiais (fôrma, concreto e armação), próximo às obras; permite a execução com a edificação em uso sem necessidade de demolição da estrutura existente (CAMARGOS, 2013).

Desvantagens: perda de área livre devido ao aumento da seção das peças; aumento considerável do peso da estrutura sendo um problema, principalmente, para estruturas elevadas; consumo excessivo de materiais e mão de obra; grande mobilização de equipamentos como fôrmas, escoramentos e equipamentos de transportes (CAMARGOS, 2013).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho buscou fazer um estudo de caso em uma ampliação estrutural da Casa de Saúde na cidade de Caratinga – MG. Com o objetivo de estudar uma ampliação predial dimensionada e executada em concreto armado, redimensionando em estrutura metálica. O projeto foi elaborado sobre uma obra *in loco*. Verificou-se ainda o que motivou o engenheiro civil responsável pela execução da obra a não utilizar outros métodos, como por exemplo, o de ampliação com estrutura metálica. Foi utilizado o método de pesquisa quantitativa para o caso em estudo.

Com isso, na condição de alunos da rede de ensino DOCTUM de Caratinga – MG e de estagiários de tal obra, esta última categoria por sua vez permitiu ir a fundo e analisar como a obra seria caso tivesse sido adotado o método de ampliação estrutural com estrutura metálica, trazendo assim, valores de orçamentos do material que seria utilizado, mão de obra, projeto estrutural feito pelo Cypecad, entre outros dados.

3.1 Tipo de pesquisa

A metodologia utilizada para a análise deste estudo de campo foi fundamentada em coleta de projetos estruturais e relatórios de materiais para a execução da ampliação do edifício com o sistema estrutural em concreto armado, bem como se recorre na linguagem matemática para quantificar e mensurar os dados propostos fornecidos pelo engenheiro de execução da obra de ampliação hospitalar.

Essa pesquisa se familiarizou com o tipo de pesquisa exploratória, e permitiu que aprofundasse na literatura, Gil (2002), assunto de sistemas estruturais em concreto armado e sistemas estruturais em estrutura metálica, com aplicações de técnicas convencionais e técnicas alternativas, em paralelo com pesquisa em campo onde as técnicas foram aplicadas. E também visou apresentar uma comparação de dois sistemas estruturais para a ampliação de um edifício hospitalar no centro da cidade de Caratinga estado de MG (GIL, 2002).

A forma descritiva desse trabalho consistiu em detalhar algumas características dos dois sistemas estruturais em questão. O estudo de caso foi mais

adequado para o tipo de estudo em questão, pois se adéqua a fase exploratória aplicado neste trabalho, porque foi feito acompanhamento em obra da ampliação predial na área da construção civil, portanto o levantamento de dados através de coleta de informações se mostrou eficaz.

A pesquisa bibliográfica serviu para comprovar que o custo da estrutura em metálica é 45% mais elevado que a estrutura em concreto armado, e ainda apresentar as vantagens e desvantagens de tais estruturas e analisar a viabilidade econômica desta.

Concluiu-se com análise do resultado que a estrutura metálica poderá ter custo mais elevado do que a de concreto armado, porém geram cargas menores para a fundação, menor tempo de construção, menor consumo de revestimento, maior área útil e maior velocidade de giro do capital investido. Os sistemas de concreto armado exigem uma mão de obra menos especializada, possuem baixa resistência e rigidez do material.

Inclui-se ferramentas documentais originais da obra, projetos analíticos feitos em CAD, planilhas e gráficos, colhidos através de pesquisa em campo e estágio na obra.

3.2 Ambiente de Estudo e Especificação de Análise

O estudo de caso foi elaborado sobre a ampliação predial do quarto e quinto pavimento, com projeto original em sistema estrutural em concreto armado e anexado no trabalho para fins de comparação com o novo projeto elaborado com sistema estrutural em aço.

Após analisar estas cargas com cálculos computacionais com auxílio de software Cypecad, teve o projeto alternativo do sistema estrutural e seus quantitativos de obra.

3.3 Coleta de Dados

As plantas da obra, de forma e cálculos, projeto arquitetônico, neste estudo foram fornecidos pelo engenheiro calculista da obra através de levantamento documental no que se refere à primeira parte do trabalho. Com o método exploratório pretendeu-se buscar projetos e modelos teóricos com livros e

publicações científicas para a alternativa proposta neste estudo em estrutura metálica, citando seus cálculos e procedimentos de execução.

As observações e coleta duraram 10 meses, podendo recorrer ainda a alterações e buscas para aperfeiçoamento da pesquisa para o enriquecimento da mesma. Durante este período de coleta, coletou-se dados de materiais utilizados, gastos com mão de obra, equipamentos necessários, duração de toda a execução da obra, analisar se houve desperdício de materiais, entre outros.

3.4 Auxílio de software

Dos diversos programas e técnicas que podem ser utilizadas para calcular como a obra seria feita utilizando a ampliação por estrutura metálica, foi utilizado o programa Cypecad, onde fora enviado todo o projeto em concreto armado para este programa para que fosse possível calcular exatamente o quanto de material em estrutura metálica iria ser utilizado. Tendo em vista que o Cypecad, nos traz uma riqueza de ferramentas e possibilidades para calcular o que fornece maior precisão de material a ser utilizado, trazendo assim, um maior acerto quanto a quantidade de perfis a se utilizar, logo, obtém-se um orçamento próximo com a realidade.

A versão do software cypecad foi à versão 2016, com a programa cypecad aberto aplicou-se a iniciação das plantas de forma do edifício.

Após o envio da planta de forma projetada para a técnica em concreto armado para o programa, utilizamos este para fazer a edição da planta, transformando-a para estrutura metálica. Com isso a entrada de dados foi inserida de acordo com as características do projeto, como: número de pavimentos, importação do arquivo *dwg* e definição do *layer* pilar.

A definição do *layer* pilar é fundamental para a locação dos pilares e caracterização da estrutura, pois com base nas coordenadas importadas pelo arquivo *dwg*, o cypecad fez a atribuição e numeração dos pilares. Após a inserção dos dados, o programa solicita a configuração das Normas Técnicas Brasileiras e ajustes de alguns padrões de acordo com o projeto a ser executado.

Os dados são apresentados, no capítulo 4, nos resultados para a execução de cada etapa estrutural, bem como suas respectivas composições, para mão de obra e material, com seus respectivos valores. O levantamento de custo da obra é definido por diversas etapas construtivas, porém foram desconsiderados alguns itens

para os cálculos.

Os itens como: serviços preliminares, acabamentos, fechamento em alvenaria, pintura, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas e lajes, foram consideradas equivalentes para os dois sistemas estruturais e não influencia na análise feita.

Foi definido para o sistema em concreto armado o levantamento quantitativo dos pilares e vigas. Posteriormente, foram obtidos a quantidade de aço, fôrmas e concreto para cada item mencionado, podendo assim, obter um orçamento com material e mão de obra, para cada etapa da execução estrutural. Para o sistema de estruturas metálicas foi dimensionado as vigas e pilares. Para os elementos de pilares foram usados perfis 'H' e vigas foram utilizados perfis 'I', levantando assim a quantidade de aço em kg, usou-se a tabela de aço da indústria Gerdau Aço Minas.

Para toda a estrutura foi adotado concreto com Resistência Característica a Compressão F_{ck} de 20 MPa, os pilares P16, P17, P18 e P19 foram considerados inalteráveis dispostos na laje já existente, sendo assim obteve-se a planta do projeto estrutural para o pavimento tipo, conforme Anexo C p. 54

Dessa forma, foram levantados os quantitativos e custos para o sistema estrutural de concreto armado e estrutura de aço. Ao final foram tabelados ambos os processos construtivos e comparados em planilhas no Excel a viabilidade dos dois sistemas, dando um visual mais intuitivo e através de gráficos, o que possibilitou uma melhor compreensão.

Na composição de custos foi usado o método da tabela SINAPI da referência de setembro de 2019, nestes dados analíticos possibilitou os detalhamentos dos materiais, mão de obra e equipamentos para a composição dos custos das estruturas de concreto armado e aço, conforme mostra a figura 3.

Figura 3: Modelo de composição

100332	CONTENÇÃO EM PERFIL PRANCHADO COM PRANCHÃO DE MADEIRA, PERFIS ESPAÇADOS A 1,5 M PARA 1 SUBSOLO. AF_07/2019		M2
1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32		KG
4006	MADEIRA SERRADA NÃO APARELHADA DE PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO		M3
4011	GEOTEXTIL NÃO TECIDO AGULHADO DE FILAMENTOS CONTÍNUOS 100% POLIÉSTER, RESISTÊNCIA À TRACÇÃO = 10 KN/M		M2
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		H
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		H
100035	ESTACA METÁLICA PARA CONTENÇÃO, COMPRIMENTO TOTAL CRAVADO DE ATÉ 10 M (EXC LUSIVE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO). AF_07/2019		KG
	EQUIPAMENTO	4,40	0,9042420 %
	MATERIAL	436,07	89,5116260 %
	MÃO DE OBRA	46,69	9,5841320 %
	TOTAL COMPOSIÇÃO	487,16	100,0000000 %

Fonte: SINAPI (2019)

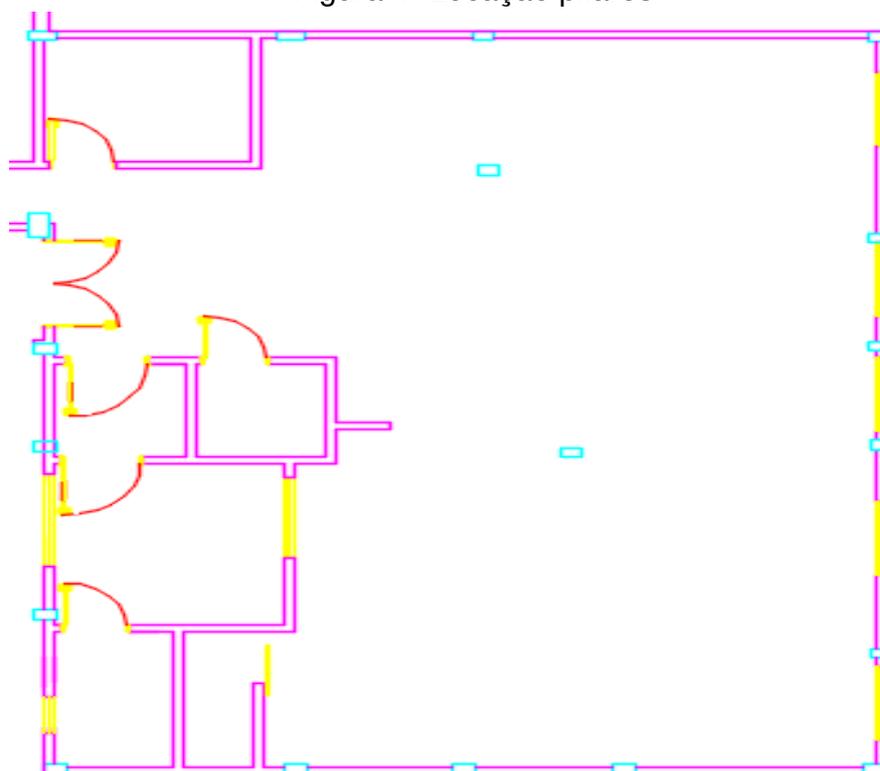
Na composição dos encargos sociais de acordo com a mesma figuraa cima, foi aplicado tributação mensal, usou-se o encargo de 74% sobra a folha onerada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico apresenta o edifício hospitalar calculado no método construtivo de concreto armado para a execução de sua ampliação, juntamente com o levantamento de quantitativos e custos das composições de mão de obra e material correspondente a este sistema construtivo, bem como a apresentação do mesmo prédio com dimensionamento em estrutura metálica, o levantamento de quantitativos e custos das composições de mão de obra e material, para comparação entre os sistemas.

O projeto arquitetônico utilizado para elaboração deste trabalho trata-se de uma ampliação de edifício hospitalar na cidade de Caratinga - MG. Possuem em sua composição três pavimentos originais e ampliação de dois pavimentos, sendo que os dois métodos usaram o mesmo tipo de vedação e lajes, portanto será concentrado o estudo nos pilares e vigas, a fim de demonstrar as diferenças de custos. Os pavimentos possuem traços arquitetônicos mais atuais, conforme demonstrado no anexo A. Com a estrutura arquitetônica conhecida, dimensionou-se a expansão predial pelos sistemas escolhidos. Locados os pilares conforme a seguir na Figura 4:

Figura 4: Locação pilares



Fonte: Adaptado pelos autores (2019)

4.1 Levantamento de custos do concreto armado

Para o dimensionamento e comparativo das estruturas foi utilizado o mesmo projeto para as duas estruturas. Para o cálculo de pilares e vigas, pelo sistema de concreto armado, foi utilizado o programa de cálculo estrutural Cypecad 2016, também foi considerado as diretrizes da ABNT/NBR 6118 (2003), a fim de conseguir melhor precisão para os elementos construtivos. No cálculo dos elementos foram consideradas para as ambas estruturas as cargas para laje, paredes entre outros, conforme as diretrizes da ABNT/NBR 6120 (1980), e para as ações do vento na estrutura foi utilizado os parâmetros da ABNT/NBR 6123 (1988), assim pode-se obter os resultados a serem utilizados na pesquisa dos ambos sistemas. Para a composição dos valores de mão de obra e material foi tomado como base os valores obtidos no site do SINAPI (Setembro/2019).

Os projetos com as plantas do lançamento da estrutura no programa Cypecad 2016 foi disponibilizado pelo engenheiro calculista. Por meio das análises chegou-se aos seguintes valores, para os elementos que compõem o sistema construtivo em concreto armado, representados no Quadro 1.

Quadro 1: Custo da estrutura de Concreto Armado

Quadro 1 – Custo da Estrutura em Concreto Armado					
SERVIÇO PARA PILARES E VIGAS	QTD	Coef.	UNI SINAPI	Unitário (R\$)	Total (R\$)
FORMA TÁBUAS MADEIRA 3ª P/PEÇAS CONCRETO, para 2 aproveitamentos	282,8		m ²		R\$ 22.201,98
CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO	282,8	1,33	m ²	R\$ 23,10	R\$ 8.688,46
PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA	282,8	2,3	m	R\$ 3,12	R\$ 2.029,37
SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA	282,8	8,29	m	R\$ 1,12	R\$ 2.625,74
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 21	282,8	0,21	kg	R\$ 10,07	R\$ 598,04
AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	282,8	0,27	H	R\$ 7,79	R\$ 594,81
CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	282,8	1,38	H	R\$ 15,50	R\$ 6.049,09
SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA	282,8	0,06	CHP	R\$ 22,08	R\$ 374,65

Quadro 1 -Custo da estrutura em concreto armado					
SERVIÇO PARA PILARES E VIGAS	QTD	Coef.	UNI SINAPI	Unitário (R\$)	Total (R\$)
SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO	282.8	0.21	CHI	R\$ 20.91	#REF!
ARMAÇÃO DE PILAR E VIGA	1716.66		Kg		R\$ 15,334.24
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	1716.7	0.02	kg	R\$ 10.00	R\$ 343.33
ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL	1716.7	1.19	uni	R\$ 0.14	R\$ 286.00
AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	1716.7	0.02	H	R\$ 7.79	R\$ 267.46
ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	1716.7	0.12	H	R\$ 15.50	R\$ 3,193.06
CORTE E DOBRA DE AÇO 5mm a 12,5 mm	1716.7	1	kg	R\$ 6.55	R\$ 11,244.39
CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA FCK >= 20 MPA, BRITA 1 E 2 EM ESTRUTURA	19.5		m³		R\$ 5,164.35
AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR	19.5	0.75	m³	R\$ 66.67	R\$ 975.05
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	19.5	322.8	kg	R\$ 0.37	R\$ 2,329.00
PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	19.5	0.58	m³	R\$ 79.00	R\$ 893.49
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	19.5	2.53	H	R\$ 7.79	R\$ 384.32
OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONÁRIA/MISTURADOR COM ENCARGOS	19.5	1.6	H	R\$ 17.92	R\$ 559.10
BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 400 L	19.5	0.83	CHP	R\$ 1.21	R\$ 19.58
BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 400 L	19.5	0.78	CHI	R\$ 0.25	R\$ 3.80
			TOTAL		R\$ 42.700,57

Fonte: Os autores (2019)

As vigas dimensionadas para os pavimentos 4 e 5 possuem tamanho de 20cm/60cm do pilar 1 até pilar 3, tamanho 20cm/50cm do pilar 4 até o pilar 7 e pilar 11 até pilar 15, tamanho 15cm/60cm do pilar 8 até o pilar 10, e do pilar 11 ao pilar 15 com tamanho 20cm/40cm. Utilizados aço CA-50 na execução do projeto. Para os pilares foram usadas dimensões entre 20cm/40cm, porém dentro dessas dimensões, aço estrutural com bitolas de 5mm, 10mm e 12,5mm e concreto fck 20 Mpa rodado na betoneira.

Segue a baixo um quadro detalhando melhor o que foi abordando anteriormente.

Numeração dos pilares	Tamanho do pilar
8;9 e 10	15cm x 60cm
11;12;13;14 e 15	20cm x 40cm
4;5;6 e 7	20cm x 50cm
1;2 e 3	20cm x 60cm

Fonte: Os autores (2019)

Com os elementos calculados e obtidos os valores das composições de mão de obra e material foi possível determinar o custo final, abordando inclusive os custos das formas e ferragens da obra utilizando concreto armado.

4.2 Levantamentos de Custos da Estrutura Metálica

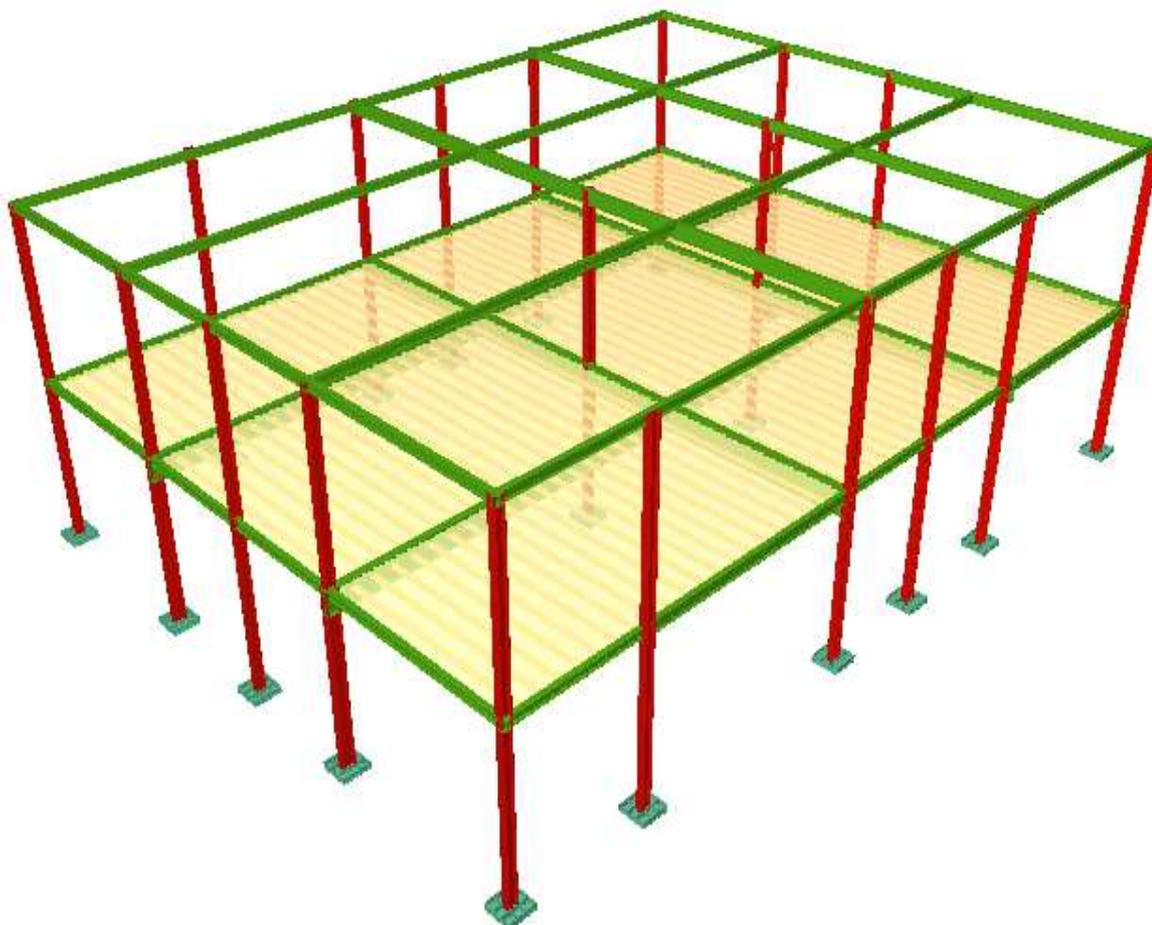
A estrutura em aço foi dimensionada com o mesmo projeto arquitetônico, mas devido a questões de cálculos e redução de erros no software (dimensões excessivas em vigas), houve redistribuição de alguns pilares, tendo a finalidade de redistribuir melhor a carga atuante de forma que todos os perfis recebessem a mesma carga, evitando assim, a sobrecarga tornando a obra mais segura.

As lajes possuem a mesma característica de construção (vigotas pré-fabricadas com bloco de EPS), usaram-se a mesma alvenaria, as mesmas instalações. Conforme o dimensionamento da estrutura de aço, gerando pilares e vigas no sistema Cypecad, segue a estrutura conforme anexo D página 55 e projeto estrutural em 3D da ampliação predial na Figura 5.

A Figura 5 por sua vez, mostra o projeto estrutural metálico em 3D, facilitando muito o entendimento e tendo maior controle projetual da obra. As ferramentas 3D oferecem uma possível visão mais complexa dos sistemas do edifício e suas interferências, levando a uma redução máxima dos possíveis problemas que surgiriam durante a execução do empreendimento.

O Anexo D página 55, apresenta uma vista superior de todo o projeto em estrutura metálica. Assim, pode-se notar os principais pontos de pilares e vigas, em seguida, iremos analisar a Figura 5, com efeitos em 3D, o que ajuda muito para o entendimento e correção de possíveis erros.

Figura 5: Projeto em estrutura metálica vistas 3D



Fonte: Dados do trabalho (2019)

Para as vigas perfis I laminado, considerado as diretrizes da ABNT/NBR 8800 (2008) a fim de possuir maior precisão para os elementos construtivos. No cálculo dos elementos foram consideradas as cargas para laje, paredes entre outros, conforme as diretrizes da ABNT/NBR 6120 (2019), e para as ações do vento na estrutura foi utilizado os parâmetros da ABNT/NBR 6123 (1988), assim pode-se obter os resultados desejados. O projeto manteve a modelação estrutural respeitando o projeto arquitetônico.

Conforme cálculo por meio do software de análise estrutural cypecad 2016, obteve-se os esforços para pilares e vigas, para os mesmos foram dimensionados com perfis I laminado. O Quadro 2 demonstra os valores em quilograma para todos os elementos de pilares e vigas.

Quadro 2 – Custo da estrutura Metálica					
SERVIÇO	QTD	Coef.	UNI SINAPI	Unitário (R\$)	Total (R\$)
ESTRUTURA METALICA EM ACO ESTRUTURAL PERFIL H 12 X 5 1/4 – Pilares	2733		Kg		R\$ 26.875,34
PERFIL “H” DE ACO LAMINADO, “W” 410 X 67	2733	1,05	kg	R\$ 5,82	R\$ 16.701,36
SERRALHEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	2733	0,12	H	R\$ 20,75	R\$ 6.805,17
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	2733	0,12	H	R\$ 7,79	R\$ 2.554,81
SOLDA DE TOPO EM CHAPA/PERFIL/TUBO DE AÇO CHANFRADO	2733	0,006	M	R\$ 49,64	R\$ 814,00
ESTRUTURA METALICA EM ACO ESTRUTURAL PERFIL I 6 X 3 3/8 – Vigas	4619		Kg		R\$ 34.875,48
PERFIL “I” DE ACO LAMINADO, “I” 152 X 22	4619	1,05	Kg	R\$ 5,82	R\$ 28.226,71
SERRALHEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	4619	0,04	H	R\$ 20,75	R\$ 3.833,77
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	4619	0,04	H	R\$ 7,79	R\$ 1.439,28
SOLDA DE TOPO EM CHAPA/PERFIL/TUBO DE AÇO CHANFRADO	4619	0,006	M	R\$ 49,64	R\$ 1.375,72
Montagem e Desmontagem de andaime			m³		
MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA	116	0,13	H	R\$ 19,87	R\$ 299,64
	TOTAL				R\$ 62.050,46

Fonte: Os autores (2019)

Os valores obtidos pelas vigas foram dimensionados para os elementos gerais apresentados no projeto estrutural, e para fins de orçamento foi selecionado o perfil disponível no sistema SINAPI.

Com os elementos calculados e obtidos os valores das composições de mão de obra e material foi possível chegar a um custo total da obra da estrutura metálica, foi levado em conta o custo da parte estrutural com vigas e pilares com perfis laminados.

4.3 Análise dos Custos das Estruturas

Para o estudo comparativo proposto neste trabalho temos o Quadro 3 que ilustra a composição do custo de materiais e mão de obra da estrutura em concreto armado em relação a estrutura metálica.

Quadro 3 – Comparativo

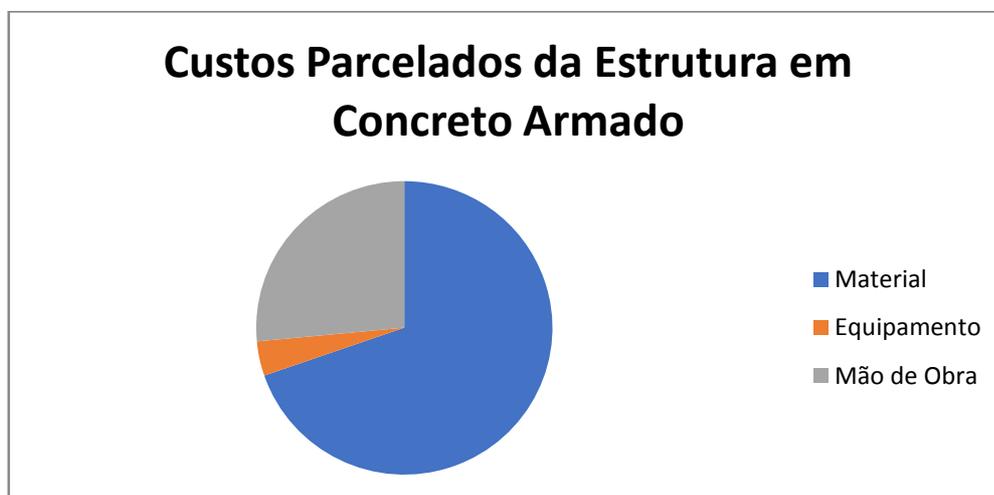
Quadro 3 – Dados Gerais das estruturas				
Relação Material e Mão de Obra				
	Material	Equipamento	Mão de Obra	Total
Estrutura em Concreto	R\$ 30.012,88	R\$ 1.639,84	R\$ 11.397,64	R\$ 42.700,57
Estrutura Metálica	R\$ 47.117,79	R\$ 299,64	R\$ 14.022,89	R\$ 62.050,46

Fonte: Os autores (2019)

As composições dos custos de mão de obra foram usadas como referência os coeficientes da tabela SINAPI – BH/MG do valor total previstas em projeto, nesta estimativa não foram inseridos os custos do BDI, por se tratar de um estudo comparativo. As duas estruturas apresentaram custos de 27% para o concreto e 23% para a metálica, a mão de obra já incluindo encargos, pois usou-se a tabela SINAPI não desonerado.

No gráfico 1, 2e 3 nos gráficos a seguir, temos a composição dos custos das estruturas.

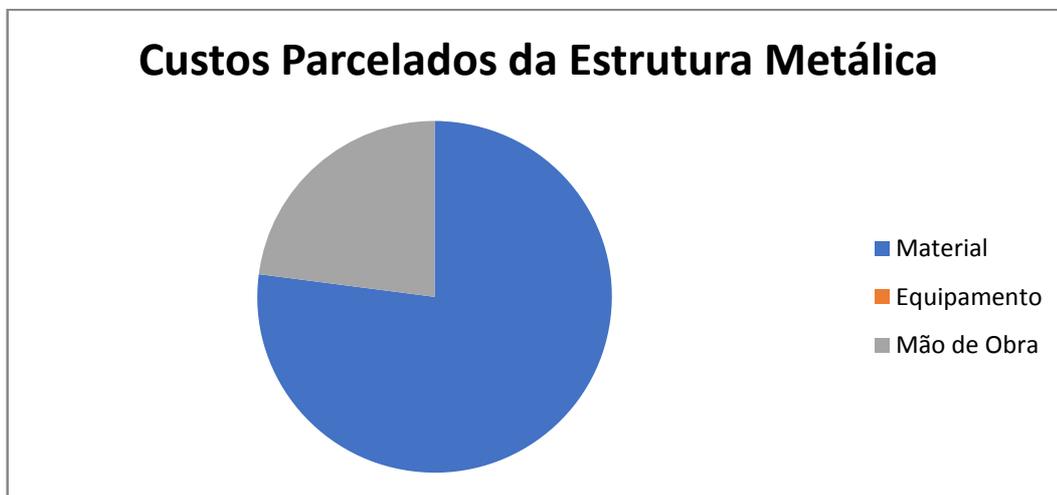
Gráfico 1 – Estrutura de Concreto



Fonte: Os autores (2019)

Como analisado anteriormente no gráfico, o segundo maior custo na execução foi com a mão de obra, o que representou mais de 25% do custo total da obra, um valor bem elevado.

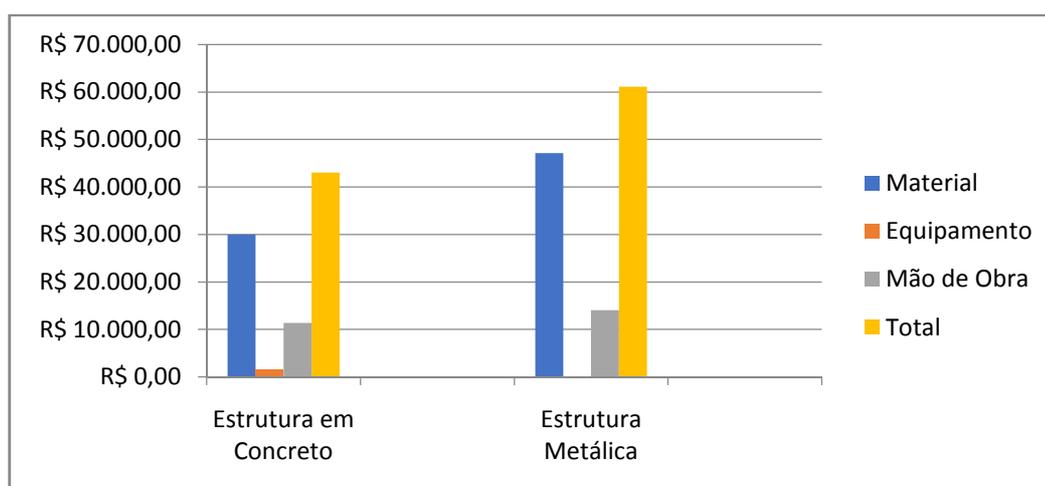
Gráfico 2 – Estrutura Metálica



Fonte: Os autores (2019).

Por sua vez, ao comparar o gráfico 1 e 2, percebe-se que o valor total com mão de obra diminuiu significativamente enquanto, houve uma redução muito elevada dos equipamentos. A baixo, no Gráfico 3, será comparado os custos totais das duas obras, para se ter um melhor entendimento.

Gráfico 3 – Comparativo dos custos



Fonte: Os autores (2019)

Com a análise dos dados obtidos pode-se dizer que o sistema de aço obtém o valor final mais elevado, sendo que, praticamente todo o sistema de construção é

desenvolvido na indústria, gera limpeza na obra, menos resíduos enquanto o sistema estrutural de concreto é totalmente desenvolvido no local e de acordo com o projeto e acompanhamento, o concreto foi virado na betoneira.

Embora o sistema de levantamento das paredes para vedação, seja mais prático no concreto do que nas estruturas de aço, as etapas de construção estrutural da obra possuem características diferentes. O aço dispensa o uso de formas e não há tempo de cura, pois ele já vem com seu perfil pronto, no concreto armado necessita-se a fabricação de formas para vigas pilares e lajes, tornando a obra executada totalmente in loco, necessitando também o tempo de cura do concreto para algumas etapas.

Com os dados de orçamento foi detectado que a estrutura metálica possui 42% de custo total mais elevado que o custo estrutural do projeto de concreto armado, que equivale uma diferença aproximada de R\$ 19.349,89. Para o orçamento, os valores com equipamentos foram considerados para o concreto, pois trata-se de um processo manual, já no orçamento em metálica considerou-se a mão de obra, materiais e andaime como equipamento de levantamento de perfis.

Por fim, define-se que o sistema de estruturas em concreto para este tipo de ampliação predial é detentor do menor custo total para a obra, porém, tendo em vista que, embora o método adotado (ampliação por concreto armado), seja de fato mais viável economicamente, a ampliação por estrutura metálica é mais indicada devido à redução de custos, tendo em vista que, gastar menos tempo no canteiro de obras faz com que os custos também sejam menores, maior resistência, o aço é muito resistente e gera uma vida útil maior das edificações, menos tempo gasto, flexibilidade, sem atrasos, melhor adaptação, diferenciais estéticos, menor acúmulo de sujeiras, menor transtornos aos pacientes, menor risco de causar acidentes aos funcionários da Casa de Saúde União, entre outros benefícios..

4.5 DISCUSSÕES

A análise contida no Quadro 4, que segue a baixo, foi feita pontualmente sobre aspectos específicos, mas segue abaixo dele, as considerações dos autores trazendo custos que obtiveram do estudo deste caso, que são relevantes à compreensão da aplicabilidade de cada estrutura.

Aspectos	Estrutura metálica em aço	Estrutura em concreto armado
Resistência	Maior resistência relação ao concreto.	Menor resistência em relação ao aço.
Peso	Menor peso da estrutura	Estrutura mais pesada
Mão de obra	Não possui tanta mão de obra qualificada.	Mais qualificada para os métodos construtivos tradicionais como concreto armado e alvenaria
Custo por m²	Mais cara em relação à estrutura superior e mais barata em relação às fundações.	Mais barata em relação à estrutura superior e mais cara em relação às fundações.
Capacidade de cobrir grandes áreas	Capacidade de suportar maiores vãos	Precisa de vigas, não suportando grandes vãos.
Perfis estruturais	Estruturas metálicas são bem elaboradas arquitetonicamente traduzem aspectos de arrojo e modernidade, perfis estruturais mais esbeltos e, conseqüentemente, maior área útil, esse método construtivo foi tornando-se usual	Perfil tradicional tem uso predominante no Brasil,
Pilares	As colunas de aço ocupam um menor espaço em relação à estrutura de concreto e gasta menor quantidade de pilares necessários que em edifícios comerciais proporcionam garagens mais amplas	As colunas de concreto ocupam um maior espaço em relação à estrutura de aço e gasta maior quantidade de pilares em edifícios comerciais proporcionam garagens restritas
Prazos de construção	reduções nos prazos de 35% nos edifícios comerciais e 25% nos edifícios habitacionais em relação ao concreto	-

Fonte: Adaptado de Rossatto (2015) e Freire (2017)

Dessa maneira, salienta Nakamura (2006) faz uma importante reflexão sobre como analisar o custo benefício das estruturas metálicas em relação à estrutura de concreto, para ele, é relevante fazer a comparação de custos de forma global, pois se compararmos os elementos individualmente, como dois pilares certamente o pilar metálico será mais caro. Para o autor não é possível apenas falar das vantagens de

um sistema sobre o outro, mas atrelar as vantagens desse sistema à aplicação (NAKAMURA, 2006).

Ao fazer um comparativo entre a relação de custo de mão de obra para as duas estruturas ficaram próximas, o custo da mão de obra de concreto armado é de 26% em relação ao seu custo total e da estrutura em aço o custo da mão de obra é de 23%, ambas obtiveram uma aproximação no custeio da mão de obra. A diferença maior entre as duas estruturas se consiste na composição dos materiais onde para o concreto o gasto é de 70% e para o aço é de 77% com uma diferença em reais de R\$ 17.104,91. Por fim, a estrutura em concreto custou R\$ 42.700,57 e a estrutura em aço custou R\$ 62.050,46 uma diferença de 45% a mais que o custo anterior.

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, entretanto reforçando o interesse final em aplicar um baixo custo no resultado final, a obra é vantajosa aplicando-se a ampliação da estrutura em metálica.

5 CONCLUSÃO

Assim, como o objeto deste estudo foi um estudo de caso *in loco*, onde foi executada uma ampliação por concreto armado, pôde-se acompanhar todo o processo até a finalização da obra, possibilitando assim conhecer de perto as possíveis adversidades que poderiam surgir, acompanhar custos, entre outros.

O Software utilizado para calcular a planta em estrutura metálica foi o Cypecad. Ao exportar a planta em concreto armado para o programa Cypecad, este possibilitou um cálculo preciso dos materiais que seriam utilizados em estrutura metálica, possibilitando assim, ver a obra em 3D o que gera mais precisão, diminui o tempo de execução, gera menos gastos, entre outros. O que não poderia ser feito com a técnica utilizada na execução.

Nesse sentido, os softwares de dimensionamento e desenho de estruturas metálicas são preciosos aliados do profissional de engenharia civil que trabalha com esse tipo de projeto (KAEFER, 2000). A partir de elementos lançados pelo projetista o programa executa o cálculo completo da estrutura, processa e gera desenhos de formas que permitem a otimização de custo e tempo de execução com risco mínimo. Vale ressaltar que o software possibilita a aceleração do projeto como um todo, porém o projetista exerce um papel fundamental na qualidade do serviço uma vez que tem a responsabilidade de fomentar os programas (CARMO, 2001).

Ao fazer uma comparação entre os resultados obtidos e os objetivos, percebe-se que, no que tange aos resultados, a obra em concreto armado de fato teve seu custo final mais viável do que comparado com a estrutura metálica, para ser mais exato, aquela foi 45% mais barato comparado com esta. Mas, ao fazer o relacionamento entre a resistência final, durabilidade, eficiência, a estrutura de concreto armado foi a melhor opção para a ampliação predial do edifício estudado, pois consta com o menor custo no orçamento, mesmo com algumas desvantagens como: ruídos e vibrações com transmissão de equipamentos; problemas com descontinuidade operacional de eletricidade, gases e água; aumento da circulação de pessoas e materiais.

Assim, analisando os custos totais do projeto realizado e do projeto em estrutura metálica, obteve-se que a utilização do reforço por estrutura por concreto armado foi mais viável, porém, ao fazer uma análise quanto ao benefício, esta por

sua vez, não é uma boa opção, tornando a ampliação por estrutura metálica a opção mais viável.

REFERÊNCIAS

Disponível em: <https://www.abcem.org.br/> acesso em: 05/10/2019

AMORIM, Gláucia Maria et al. ***Prestação de serviços de manutenção predial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde***. Ciência & Saúde Coletiva, v. 18, p. 145-158, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Papel e cartão – Tubetes – Determinação da resistência à flexão – Método dos três pontos: NBR14576:2000. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 03 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação, Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 6120: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNTNBR 12655: Concreto de cimento Portland- preparo controle, recebimento e aceitação- procedimento, Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNTNBR 12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto, Rio de Janeiro 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNTNBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais, Rio de Janeiro 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 6118: Projeto de estrutura de concreto- Procedimento, Rio de Janeiro 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA-ANVISA. ***Legislação Sobre Qualidade do Ar Interior***. 2003, p. 6–8.

AGUIAR, J. E. Patologia e Durabilidade das Estruturas de Concreto. Notas de aula (especialização em construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte: 2014.

BITENCOURT, F. ***Arquitetura sustentável para ambientes de saúde: Hospitais sustentáveis e amigos do meio ambiente***. MODENATURA, p. 53–57, 2018.

BITENCOURT, F. ***Arquitetura ambiente de nascer-reflexões e recomendações projetuais de arquitetura e conforto ambiental***. 1. Ed. Rio de Janeiro: Rio Book's, 2008.

BITENCOURT, F. ***A sustentabilidade em ambientes de saúde: um componente de utopia ou de sobrevivência?*** In: CARVALHO, A. P. A. DE (Ed.). Quem tem medo da Arquitetura Hospitalar Salvador: FAUFBA, 2006. P. 23.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CALDAS, Rodrigo Barreto. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. 1.ed. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

Campos, Juarez de Queiroz et. al. **Estudos dos Projetos Arquitetônicos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. São Paulo: Jotacê, 2002.

CARMO, Carla Soraia Leandro. Automação de detalhamento de peças padronizadas em concreto armado via CAD e programação orientada a 14 objeto. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 4-5. 2001.

CARVALHO, Roberto Chust – **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado** – Segundo a NBR 6118:2014.

CHIAVERINI, Vicente – **Aços e Ferros Fundidos**. 7ª Edição. 2ª Impressão. São Paulo: Editora Associação Brasileira de Metais, 1996.

Concreto NB/2001. **WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES**. Novembro. São José dos Campos.

COTRIM, Nayara Araújo de Assis et al. **Proposta de método para análise de qualidade ambiental e humanização em maternidades**. Estudo de caso: Maternidade Nascer Cidadão-Goiânia-Brasil. 2019.

CSI, *ComputersandStructures*, Inc. v.6.1, California – EUA, Ed. 1997.

CUNHA, André Vieira da. **Concreto de cimento portland**: abordagem da qualidade com ênfase em métodos estatísticos. 2014.

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.

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.

Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas.gov> (CAIXA, 2019) Acesso em 01 de Nov.2019.

Disponível em: <http://cype3d.cype.pt/> Manual Cypcad. Acesso em: 13 de ago. 2019.

Disponível em: <https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures> (TRIMBLE,2019), acesso em 25 de out. 2019.

FABRIZZI, Marcela de Arruda. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto**. São Carlos. Dissertação (Mestrado)—Escola de Engenharia de São Carlos—Universidade de São Paulo, 2007.

FREITAS, J. P. B. **Aspectos estruturais, construtivos e orçamentários para construção de casa popular em blocos de concreto em situações críticas**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.

HENRIQUE, Valdi. Flexão normal composta. Rio Grande do Sul, Ed. Unisc. 2012.

HELENE, P., (2001). **Introdução da vida útil no projeto das estruturas** de VARELLA, Marcelo Dias et al. Governo dos riscos. 2005.

KAEFER, Luis Fernando. Desenvolvimento de uma ferramenta gráfica para análise de pórticos de concreto armado. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MIQUELIN, Lauro C. **Anatomia dos edifícios hospitalares**. São Paulo; CEDAS, 1992.

MORAES, Mayara Queiroz et al. Contribuição aos estudos da influência da nanossílica nas propriedades mecânicas e na trabalhabilidade de concretos para produção em centrais e para fabricação de pré-moldados. 2012.

MORIKAWA, Devanir Cabral Lima et al. Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento. 2006.

NAKAMURA, J. Era do aço. **Revista a U arquitetura e urbanismo**, São Paulo. Ed. 152, 2006.

PALADINI, E. P., **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. São Paulo, Atlas, 339p. 2004

PEREIRA, Caio. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>. Acesso em: 02 de nov. de 2019.

PFEIL, Walter – Estruturas de aço: **Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008**. 3ª Edição. Reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

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

RIBEIRO, Marcelo. **Composição de custos de serviços: entenda como fazer**. Disponível em: <https://maiscontroleerp.com.br/composicao-de-custos/Marcelo-ribeiro>, 2017 Acessado em 01 de nov. 2019.

ROSSATO, I. F., Uma Metodologia para a Análise e Solução de Problemas. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SANTOS, L.M. **Cálculo de Concreto Armado**, v.I, São Paulo, Ed. LMS, 1983, 541p.

SANTOS, E. W. F. Reforço de vigas de concreto armado à flexão por Encamisamento parcial. Dissertação (pós-graduação para obtenção do grau de mestre em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro: 2006.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil. **Custo de composição sintético, referente a setembro de 2019**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662. Acesso em: 01 de nov. 2019.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª. Ed. São Paulo: PiniLtda, 2009.

VALLE, Ivan Manoel Rezende do. **A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

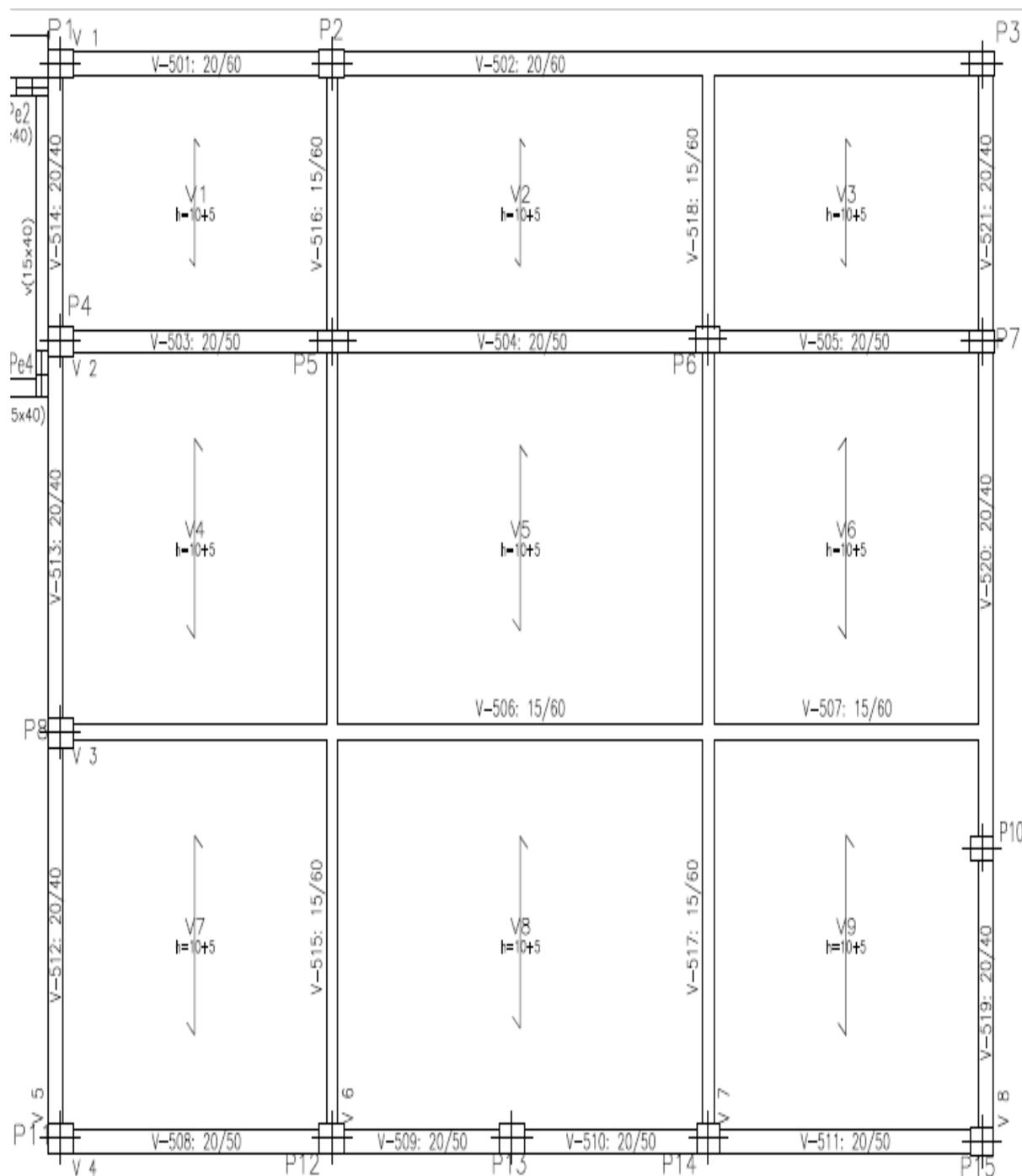
ZENID, José Geraldo. **Madeira na construção civil**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2011.

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

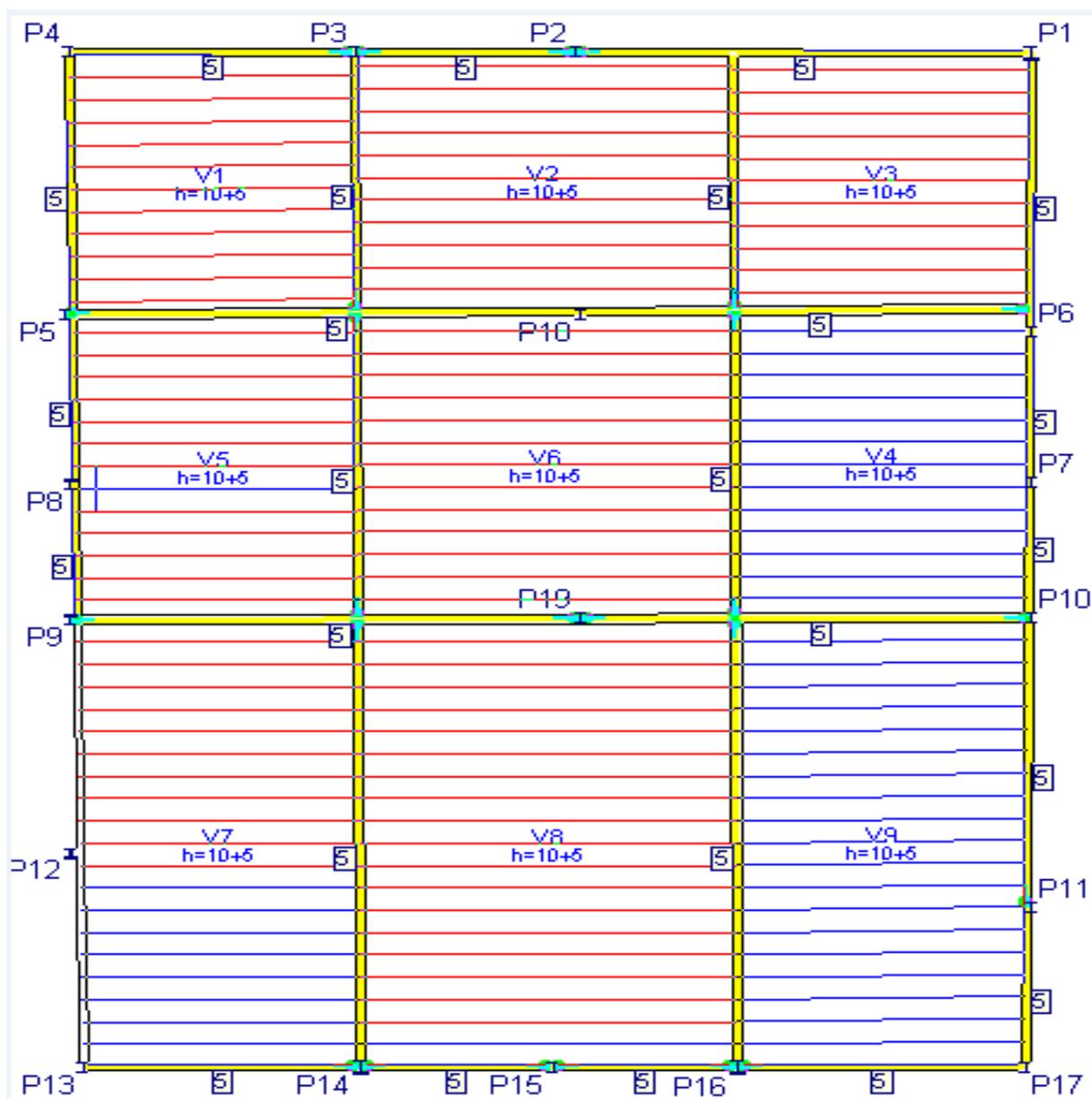
Planta em concreto armado.



Fonte: Os autores (2019)

Anexo D

Projeto em estrutura metálica do pavimento tipo



Fonte: Os autores (2019)