

**FACULDADE FINOM DE PATOS DE MINAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ROBSON ANDRÉ RODRIGUES

**O USO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

PATOS DE MINAS – MG

2017

ROBSON ANDRÉ RODRIGUES

**O USO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Finom de Patos de Minas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro (a) Civil.

Orientador: Prof.^a MSc Vânia Cardoso da Silva
Morais

PATOS DE MINAS – MG

2017

ROBSON ANDRÉ RODRIGUES

**O USO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Finom de Patos de Minas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro (a) Civil.

Patos de Minas, 04 de Dezembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a MSc Vânia Cardoso da Silva Morais
Orientadora

Prof. Esp. Diego Roger Borba Amaral
Examinador

Prof. Esp. Luís Cláudio Silva
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a pessoa da professora Msc Vânia Cardoso da Silva Moraes pelo empenho e dedicação para que eu concluísse este trabalho, por sua orientação, e, sobretudo pela coerência com que orienta ser feito para se obter qualidade.

RESUMO

Este estudo foi uma análise comparativa entre as estruturas metálicas e de concreto armado. Teve como objetivo apresentar as vantagens e desvantagens de tais estruturas e analisar a viabilidade econômica destas. E apresentado no texto os preceitos básicos para implantação das estruturas metálicas. Os resultados apontam que as estruturas metálicas podem ser um excelente método construtivo, não somente em construções industriais 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: Estruturas. Praticidade. Crescimento. Edificações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Construção utilizando estruturas metálicas	14
Figura 2:	Arquitetura moderna em aço	15
Figura 3:	Estimativa do peso da estrutura metálica por tipo de edificação	16
Figura 4:	Corte A da edificação dimensionada	21
Figura 5:	Construção civil comercial com estrutura metálica em Patos de Minas	24
Figura 6:	Comparação de construção civil residencial em Patos de Minas	25
Quadro 1:	Configurações do aço	17
Quadro 2:	Análise comparativa entre estruturas metálica e de concreto armado	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Propriedades do aço	13
Quadro 2:	Configurações do aço	17
Quadro 3:	Análise comparativa entre estruturas metálica e de concreto armado	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA	10
	2.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA E O SISTEMA ESTRUTURAL	
	Erro! Indicador não definido.	
	2.2 AS ESTRUTURAS METÁLICAS	11
	2.3 VANTAGENS DAS ESTRUTURAS DE AÇO	12
	2.4 IMPLICAÇÕES DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL EM AÇO	
	Erro! Indicador não definido.	6
3	METODOLOGIA	20
4	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	21
	4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	22
5	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional e dos avanços tecnológicos na área construtiva, a construção civil vem buscando alternativas para seu desenvolvimento. Ainda é predominantemente atualmente a construção em concreto, caracterizada pela baixa produtividade e notadamente pelo grande desperdício, o mercado tem sinalizado que essa situação deve ser alterada e que o uso de novos procedimentos é a melhor forma de aprovar a racionalização dos métodos. (ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2002).

O aço tem sido usado na construção como forma de aumentar a produtividade, com menos desperdícios, mais rapidez de execução, menos mão de obra, o que indiretamente reduz o custo/benefício. Com isso o aço ganha cada vez ganha mais espaço não só em construções de galpões, como também em construções residenciais.(RODRIGUES, 2006).As propriedades do aço são de essencial importância no ramo de estruturas metálicas, pois o projeto e a execução são baseados nelas. Dentre outras, dentre as principais propriedades do aço estão a dureza, a superfície do material que oferece resistência à penetração de uma peça com dureza maior. Analisar o aço é relevante nas operações de estampagem de chapas. E a ductilidade, que é a capacidade que o material tem de ser deformado sob ação de uma carga antes de romper-se, estas deformações são aviso antes de romper o material, podendo evitar acidentes na construção.(FERRAZ, 2003).

O emprego das estruturas metálicas é mais comum em galpões, porém pode ser usada também em residências. O aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções diferenciadas, eficientes e de alta qualidade. (ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2002).

Os empreendedores encontram-se resistentes ao uso das construções metálicas, por razões culturais, ou muitas vezes, pelo desconhecimento das suas características e vantagens, levando em consideração apenas o valor financeiro. Ele comenta ainda que apesar de o Brasil ser um dos maiores fabricantes mundiais de

aço, o emprego de estruturas metálicas em edificações tem sido pouco significativo, se comparado ao potencial da indústria brasileira. (PINHO, 2015). Nesse sentido, Albuquerque e Pinheiro (2002), mencionam que ainda há muito espaço para crescer no Brasil, sendo que nos Estados Unidos, 50% das construções comerciais são em aço; Na Inglaterra, chegam a 70%. Os autores pontuam que hoje, produtividade e sustentabilidade são palavras chaves na área de construção e que o aço se encaixa nessa expectativa.

A resistência que ainda prossegue para a substituição do concreto pelo aço não se justifica apenas pelo preço, já que as reduções do tempo e da mão de obra equilibram a diferença. (PINHO, 2015). O que prevalece é uma cultura pelo concreto armado que vem das culturas de engenharia do país. Ainda que o uso da estrutura metálica no Brasil ainda permaneça restrito, nos últimos anos a demanda por soluções desse tipo vem acendendo. A escolha é feita, especialmente, por pessoas que carecem de racionalização na obra e de projetos e coeficientes e sustentáveis.(RODRIGUES, 2006).

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram analisar, através de pesquisa bibliográfica, a viabilidade das estruturas metálicas na construção civil, apresentar as principais vantagens e problemas das aplicações das estruturas metálicas e comparar a viabilidade econômica da construção metálica com a de concreto armado. Para alcançar tais objetivos foi feita pesquisa bibliográfica sobre a temática, apontando as vantagens e desvantagens da aplicação de tais estruturas na construção civil. Também foi feito estudo comparativo da viabilidade econômica destas estruturas.

Apesar de já existir em outros países, o sistema estrutural metálico é relativamente novo no Brasil, gerando discussões acerca da viabilidade econômica em relação aos outros sistemas estruturais convencionais na construção civil. Diante das discussões, este trabalho é relevante por elencar as principais características das estruturas metálicas de construções civis e apresentar as principais vantagens e problemas nas aplicações dessas estruturas, além de comparar a construção metálica com a de concreto armado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA E O SISTEMA ESTRUTURAL

Ao se escolher o sistema estrutural da obra, é relevante perceber que o que deve ser considerado são as necessidades da obra e conhecendo as características de cada um dos sistemas, escolher aquele que atende tais necessidades. Dessa maneira, antes de escolher o sistema estrutural, é preciso conhecer as características da obra, Penna e Pinto (2008, p. 19) elencam algumas características de obra que influenciam na decisão do sistema estrutural a se escolher:

- Tipo de fundação
- Tempo de construção
- Tipo de ocupação
- Disponibilidade e custo dos materiais
- Recursos da construtora
- Local da obra e acessos
- Possibilidade de adaptações
- Compatibilidade c/ sist. Complementares
- Manutenção e reparos
- Vãos livres
- Espaço livre para a estrutura
- Espaço livre para utilidades
- Altura da edificação
- Proteção contra a corrosão
- Proteção contra fogo
- Estética
- Desperdício materiais/mão-de-obra
- Segurança do trabalhador
- Custos financeiros
- Adequação ambiental
- Qualidade e durabilidade
- Desempenho
- Incômodo de áreas próximas

É importante observar características e configurações para maior desempenho do sistema estrutural é importante, pois “o mercado [...] de construção civil é um mercado altamente competitivo fazendo com que as construtoras busquem redução de custos de modo a atender às necessidades de retorno dos investidores e manter a atratividade do setor. (CARDOSO; GONZALES, 2014, p.1). Nesse sentido as estruturas metálicas, podem ter preço maior em relação às estruturas de concreto, porém ao se considerar, tempo estimado, designe podem ser uma boa opção ao se procurar equiparar qualidade, custos e maior eficiência.

2.2 AS ESTRUTURAS METÁLICAS

A estrutura metálica, de acordo com Sales, Sousa e Neves (2001) possui metodologia construtiva própria e desconhecer essa tecnologia leva a adoção de solução incompatível com o sistema estrutural, por isso esse tipo de construção exige conhecimento das potencialidades e das limitações e grande atenção no planejamento e interação desde a concepção de projeto até a finalização da obra. A interação do projeto estrutural metálico com os demais projetos é bastante relevante, uma vez que a estrutura metálica não é dada a improvisos podendo causar transtornos durante a construção. “Nesse sistema construtivo, a compatibilização dos vários projetos que constituem uma obra civil, a coordenação e planejamento interativos das etapas de projeto e execução são fundamentais para o sucesso final do empreendimento”. (SALES; SOUZA; NEVES, 2001, p.1).

Ferraz (2003) afirma que o aço é o resultado da descarbonatação do ferro, adicionado e controlando-se a quantidade de carbono. O aço por tanto, é uma liga metálica composta basicamente de ferro e carbono, além de outros elementos resultantes de seu processo de fabricação

Em se tratando de estruturas metálicas, especificamente de estruturas de aço, Penna e Pinho (2008, p. 12) apontam alguns paradigmas relacionados a estas que podem impedir a análise correta qualidade e viabilidade de investimento deste sistema estrutural.

Os mais comuns são:

- a estrutura de aço é cara...
- o aço enferruja....
- existem dificuldades com as interfaces...
- o aço precisa de proteção contra fogo...

Os autores ressaltam ainda que, em relação ao custo, em alguns casos, as estruturas de aço têm custo maior do que dos sistemas convencionais, porém ser mais caro não significa ser menos adequado e, as estruturas de aço são concebidas para que, se devidamente empregadas trazem uma série de vantagens para a obra como um todo podendo reverter o custo final.

Uma característica importante, quanto a montagem da estrutura metálica é que seus componentes construídos, fabricados e montados têm características

estruturais e dimensionais únicas, possuindo posicionamento particular no ambiente construído.

As estruturas metálicas no Brasil são uma tecnologia recente, se comparado a outras partes do mundo, são usadas para substituir materiais convencionais utilizados em vigas, pilares e lajes convencionais, e a escolha do tipo de aço é feita em função de aspectos ligados ao meio ambiente onde as estruturas se localizam; previsão do comportamento estrutural de suas partes, devido à geometria e aos esforços solicitantes; meio industrial com atmosfera agressiva à estrutura; manutenção necessária e disponível ao longo do tempo, dentre outros. (BRITO e SILVA, 2016)

Nos dias atuais a adoção efetiva de estruturas metálicas de forma considerável condicionada à inovação no desenvolvimento de sistemas construtivos ou à adaptação de sistemas construtivos racionalizados já existentes. (SALES; SOUZA; NEVES, 2001). O ideal é trabalhar de forma conjunta com os projetos, a viabilidade das estruturas metálicas está diretamente ligada ao sucesso de sua associação com os sistemas de fechamento, pois é a partir do bom casamento desses dois sistemas que pode se chegar a uma concepção realmente industrializada e eficiente da obra. (Sales, 2001).

2.3 VANTAGENS DAS ESTRUTURAS DE AÇO

As estruturas de aço no tocante custo são quase sempre consideradas caro quando comparado a outros sistemas estruturais, porém tem montagem mais eficiente, viabilizando retorno econômico mais rápido; possui grande precisão além de ser o aço um material 100% reciclável atendendo a consciência ecológica de forma mais sustentável (PENNA; PINHO, 2008).

Ferraz (2003) aponta que as propriedades dos aços dependem de sua composição química, do tamanho dos grãos e de sua uniformidade sendo que os tratamentos térmicos e os trabalhos mecânicos aos quais se submetem esse material podem modificar em diferente intensidade alguns destes aspectos, bem como alterar as propriedades de um determinado tipo de aço, conferindo-lhe

características específicas, mole ou duro, quebradiço ou tenaz, dentre outras. Abaixo o Quadro 1 com as propriedades principais do aço:

Quadro 1–Propriedades do aço

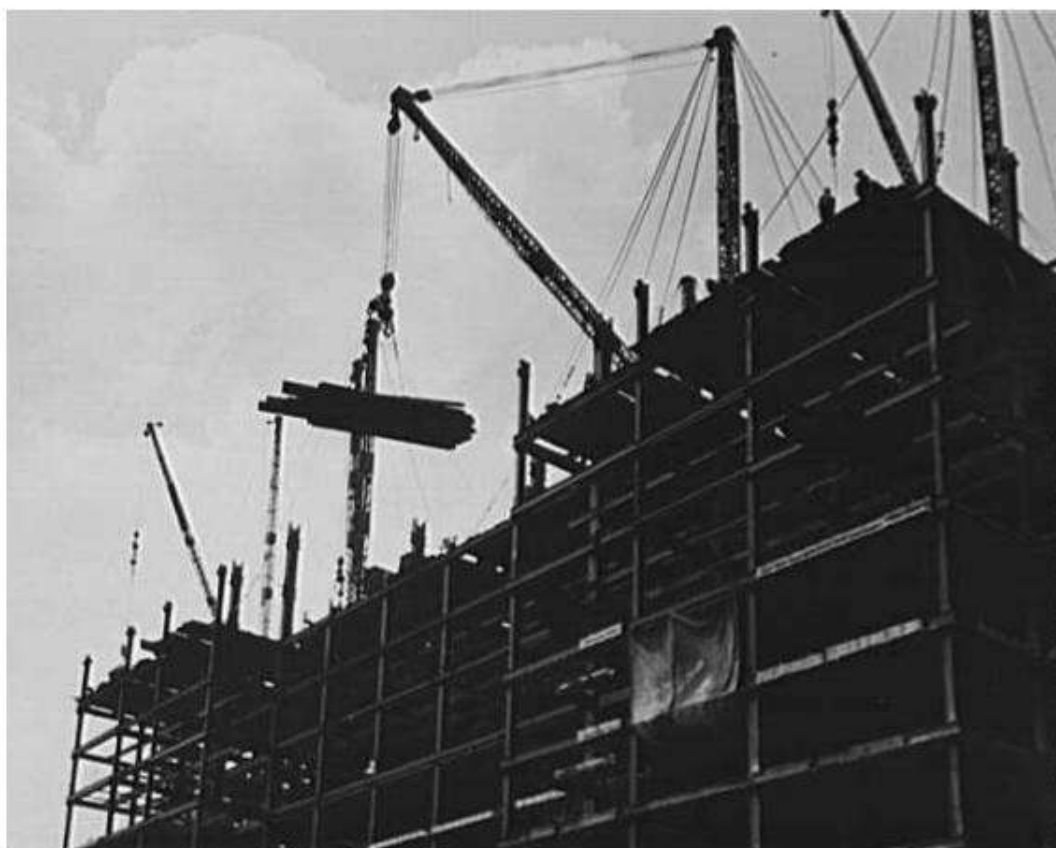
Propriedades	Conceito
Elasticidade	Propriedade do metal de retornar à forma original, uma vez removida a força externa atuante. [...]
Plasticidade	Propriedade do material não voltar à sua forma inicial após a remoção da carga externa, obtendo-se deformações permanentes. A deformação plástica altera a estrutura de um metal, aumentando sua dureza.
Ductilidade	É a capacidade do material de se deformar sob a ação de cargas antes de se romper, daí sua grande importância, já que estas deformações constituem um aviso prévio à ruptura final do material, o que é de extrema importância para prevenir acidentes em uma construção, por exemplo
Fragilidade	É a característica dos materiais que rompem bruscamente, sem aviso prévio (um dos principais fatores responsáveis por diversos tipos de acidentes ocorridos em pontes e navios).
Resiliência	É a capacidade de absorver energia mecânica em regime elástico, ou seja, a capacidade de restituir a energia mecânica absorvida. Já a tenacidade é a energia total, plástica ou elástica, que o material pode absorver até a ruptura. Assim, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil irá requerer maior energia para ser rompido, portanto é mais tenaz.
Fluência	Acontece em função de ajustes plásticos que podem ocorrer em pontos de tensão, ao longo dos contornos dos grãos do material. Estes pontos de tensão aparecem logo após o metal ser solicitado por uma carga constante, e sofrer a deformação elástica. Após esta fluência ocorre a deformação continua levando a uma redução da área do perfil transversal da peça (denominada estrição). Tem relação com a temperatura a qual o material está submetido: quanto mais alta, maior ela será, porque facilita o início e fim da deformação plástica. Nos aços, é significativa para temperaturas superiores a 350° C, ou seja, em caso de incêndios
Fadiga	É a ruptura de um material sob esforços repetidos ou cíclicos. A ruptura por fadiga é sempre uma ruptura frágil, mesmo para materiais dúcteis.
Dureza	É a resistência ao risco ou abrasão: a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza. Sua análise é de fundamental importância nas operações de estampagem de chapas de aço

Fonte: Ferraz (2003, p. 7 - 8).

As propriedades do aço são extremamente relevantes no campo de estruturas metálicas em que o projeto e execução se baseiam nelas, sendo também

propriedades que servem a todos os metais. O aço é um material geométrico, não plástico fato que limita em termos de criatividade, mas tem a vantagem de ter funções estruturais com grande potencial estético, ele ainda tem maior precisão em termos de dimensionamento do que o concreto, por sua homogeneidade, assim as deformações ocorridas na obra são muito próximas daquelas verificadas no cálculo. (CASTRO, 1999). O aço é uma opção viável na construção civil, dependendo do objetivo da construção, confira figura 1:

Figura 1 - Construção utilizando estruturas metálicas



Fonte: Ferraz (2003, p.7).

Tendo em vista o fator tempo, Penna e Pinho (2008) citam que nas construções onde a antecipação representa maior rentabilidade do investimento como edifícios comerciais, edifícios residenciais para venda, sedes e agências, hotéis, hospitais, shoppings, edifícios de garagem e universidades e escolas, a estrutura de aço é vantajosa por ter a rapidez como característica, diferente da convencional que limita a velocidade da obra. Outra vantagem da estrutura de aço é a estética, conforme figura 2, que inspira modernidade nas obras, existindo uma

tendência de expor esta estrutura como parte principal da arquitetura, com seus elementos retilíneos, porém deve-se atentar com maior custo na proteção contra corrosão.

Figura 2 – Arquitetura moderna em aço



Fonte: Nakamura (2006, p.1).

Pensando em revestimento, os painéis de revestimento de fachadas em aço se comparados com os materiais tradicionais como mármore, granito, cerâmica, apresenta vantagens como:

redução do peso do revestimento sobre a estrutura da edificação; rapidez de instalação; facilidade de manutenção e limpeza; não liberam produtos de corrosão que atacam superfícies de alumínio ou zinco ou ainda que mancham outros materiais em contato (mármore, alvenarias, etc.). (FERRAZ, 2003, p.14).

Também pode ser apontada como vantagens da estrutura de aço a adequação à questões ambientais por ser racional no uso dos materiais, rápida, limpa, e com nível baixo de desperdício e sua sucata, após vida útil da obra, pode ser reciclada sem perda de qualidade, sendo mais viável na busca por sustentabilidade. E quanto à qualidade e durabilidade, por serem produzidas industrialmente com rigor as estimativas de durabilidade são mais fáceis e confiáveis de serem calculadas em comparação a outros sistemas.

Outra vantagem da estrutura metálica em aço é a o peso, são mais leves em relação às estruturas de concreto. Nakamura afirma que a indústria de estruturas metálicas aumenta em passos largos a tecnologia aumentando também as opções de uso adquirindo maior flexibilidade de aplicação, novos desenhos e abas assimétricas, e maior resistência, cobrindo maiores vãos, ela aponta ainda a estimativa de peso dessas estruturas por metro conforme figura3:

Figura 3—Estimativa do peso da estrutura metálica por tipo de edificação

Tipo de edificação	Peso (kg/m ²)
Edifícios de até quatro pavimentos padrão popular	20 a 35
Edifícios de até quatro pavimentos padrão médio/alto	35 a 50
Edifícios de quatro a 12 pavimentos	40 a 50
Edifícios com mais de 12 pavimentos	45 a 60
Residências	20 a 70
Galpões industriais sem ponte rolante	20 a 25
Shopping centers	50 a 55

Nakamura (2006, p. 1)

2.4 IMPLICAÇÕES DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURALEM AÇO

A escolha do tipo de estrutura depende diretamente do tipo de utilidade ou finalidade da obra a ser construída, e essa escolha envolve conhecimento e consideração de vários fatores. Penna e Pinho (2008, p.34) afirmam que, em se tratando de um sistema estrutural misto ou de um sistema estrutural todo em aço ou em concreto, este pode se configurar pelas escolhas dos itens que foram detalhados no Quadro 2 abaixo, que foi construído baseado na caracterização destes autores.

Quadro 2 -Configurações do aço

Configuração	Tipos/ características
<p>Tipo de aço: Os aços estruturais são aqueles que, devido à sua resistência mecânica, resistência à corrosão, ductilidade, soldabilidade e outras propriedades, são adequados para uso em elementos que suportam cargas</p>	<p>i) aços com baixo teor de carbono tendo o aço ASTM A36 como principal aço desse grupo, com limite de escoamento mínimo de 250 MPa;</p> <p>ii) aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga, sendo o aço ASTM A572 G50 seu principal aço, com um limite de escoamento mínimo de 345 MPa; e</p> <p>iii) aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, sendo os aços NBR 5921, NBR 5008, ASTM A588 os principais aços desse grupo, com limites de escoamento mínimo de 250, 300 e 350 MPa para os aços NBR 5921, e NBR 5008, com limite de escoamento mínimo de 350 MPa para o aço ASTM A588.</p>
<p>Tipo de perfil: consistem na forma como o aço se apresenta para uso estrutural. Algumas das características dos perfis são: Homogeneidade estrutural; Número de bitolas; Bitolas sob medida; Prazo de entrega; Comprimento padrão e sob medida; Acabamento superficial.</p>	<p>Os principais tipos de perfis estruturais são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perfis eletro-soldados. - Perfis formados à frio. - Perfis laminados de abas inclinadas. - Perfis laminados de abas paralelas. - Perfis soldados. - Perfis tubulares com costura. - Perfis tubulares sem costura.
<p>Tipo de proteção contra a corrosão: uma boa proteção começa no projeto, evitando detalhes que possam criar empoçamento ou acúmulo de sujeira junto a estrutura;</p>	<p>A proteção contra a corrosão na realidade é um sistema composto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - limpeza de superfície; - pintura de base que tem a necessária aderência na superfície do aço; - pintura de acabamento que tem aderência na pintura de base, completa a espessura necessária para a proteção e dá a cor do acabamento final.
<p>Tipo de proteção contra fogo: é um custo importante nas estruturas de aço, mas, se bem coordenada com outros partidos adotados para o projeto e o uso de engenharia na minimização da quantidade de materiais utilizados, este custo pode ser reduzido.</p>	<p>A estrutura enclausurada pode empregar proteção em argamassa projetada (de menor custo) e não necessita de pintura anticorrosiva, assim se tem uma estrutura durável e com o menor custo de proteção contra a corrosão e o fogo. Para cada tipo de utilização existe um tempo requerido de resistência normatizado.</p>

Fonte: Adaptado de Penna e Pinho (2008, p. 35 - 41).

Cada tipo de aço apresenta configuração que lhe é peculiar que atende a funções de uso específicas e o construtor deve estar atento quanto ao que deseja para saber que tipo escolher afim de melhor atender sua demanda.

O aço, apesar de todas as suas propriedades e vantagens apresentadas anteriormente, apresenta deficiências, sendo a ocorrência da corrosão quando exposto ao meio ambiente, a principal delas, por isso necessita de técnicas de proteção para impedir sua deterioração. “A economia de uma obra com estrutura metálica depende de diferentes fatores em comparação a uma obra em concreto armado e, por este motivo, devem ser muito bem analisadas, para que haja um melhor custo-benefício na escolha do sistema construtivo. ” (ROSSATTO, 2015, p. 5).

Financeiramente, o custo total de uma obra resulta da soma entre os custos diretos e as despesas indiretas do empreendimento. O custo direto da obra é a soma dos materiais, mão de obra e equipamentos, onde os custos dos materiais incluem as quantidades e as especificações dos mesmos acrescidos de encargos tributários, perdas por manuseio, os fretes, despesas de armazenamento e etc., e os custos de mão de obra se relacionam à produtividade de execução da atividade e ao custo específico para a realização de cada atividade. (PENNA; PINHO, 2008). Nesse sentido, pelas informações presentes nos autores pesquisados nesta pesquisa, pode-se inferir que o sistema construtivo utilizando estruturas de aço proporciona viabilidade econômica, primeiro por responder adequadamente aos desafios ambientais, sociais e econômicos relacionados ao empreendimento.

Para a decisão do o sistema construtivo mais viável, o empreendimento deve ser avaliado na maior quantidade possível de aspectos da obra, nesse sentido Rossatto (2015) em seu trabalho comparativo entre sistema estrutural metálico com um sistema em concreto armado, observou que o gasto na estrutura metálica é muito mais elevado, mas aponta que:

[...] a economia de uma obra com estrutura metálica depende de diferentes fatores em comparação a uma obra em concreto armado, e por isso devem ser muito bem analisadas para que haja um melhor custo benefício na escolha do sistema construtivo. Como exemplo, estruturas metálicas 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. Em contrapartida, sistemas de concreto armado exigem uma mão de obra menos especializada, o que é mais barato e acessível, sendo o concreto um material, economicamente, mais viável que o aço, mas, como possuem baixa resistência e rigidez do material, necessitam de grandes seções transversais para resistir aos esforços atuantes, dando

origem a conjuntos robustos, fator limitante ao projeto arquitetônico.(ROSSATTO, 2015, p. 76).

Nesse sentido, atualmente no Brasil, o custo nas construções convencionais de edificações de múltiplos andares, se concentra em 40% custo de mão de obra direta ou indireta e 60% custo de materiais, na construção industrializada existe a possibilidade de reduções dos custos na diminuição das operações construtivas em campo, e projeto inteligente, para racionalização e utilização de materiais de melhor qualidade e de menores preços. Assim, os custos globais de uma construção industrializada, são inferiores ao de uma construção convencional, tomando todos os aspectos da obra, desde o planejamento, o projeto e a especificação e aquisição dos materiais, a mão de obra no canteiro, o gerenciamento e a construção propriamente dita, numericamente, em certos tipos de sistemas construtivos, a construção industrializada metálica, pode levar a uma economia de até 25%. (THECNICCA, 2017).

3 METODOLOGIA

Este estudo se caracteriza como pesquisa bibliográfica do tipo exploratória e descritiva (GIL, 2002). Também foi feito estudo de análise comparativa entre estrutura metálica e estrutura de concreto armado, analisando a viabilidade econômica e as vantagens e desvantagens desse tipo da estrutura metálica focando variados aspectos que implicam na escolha do sistema estrutural, mostrando casos de escolha das estruturas em Patos de Minas

4ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO

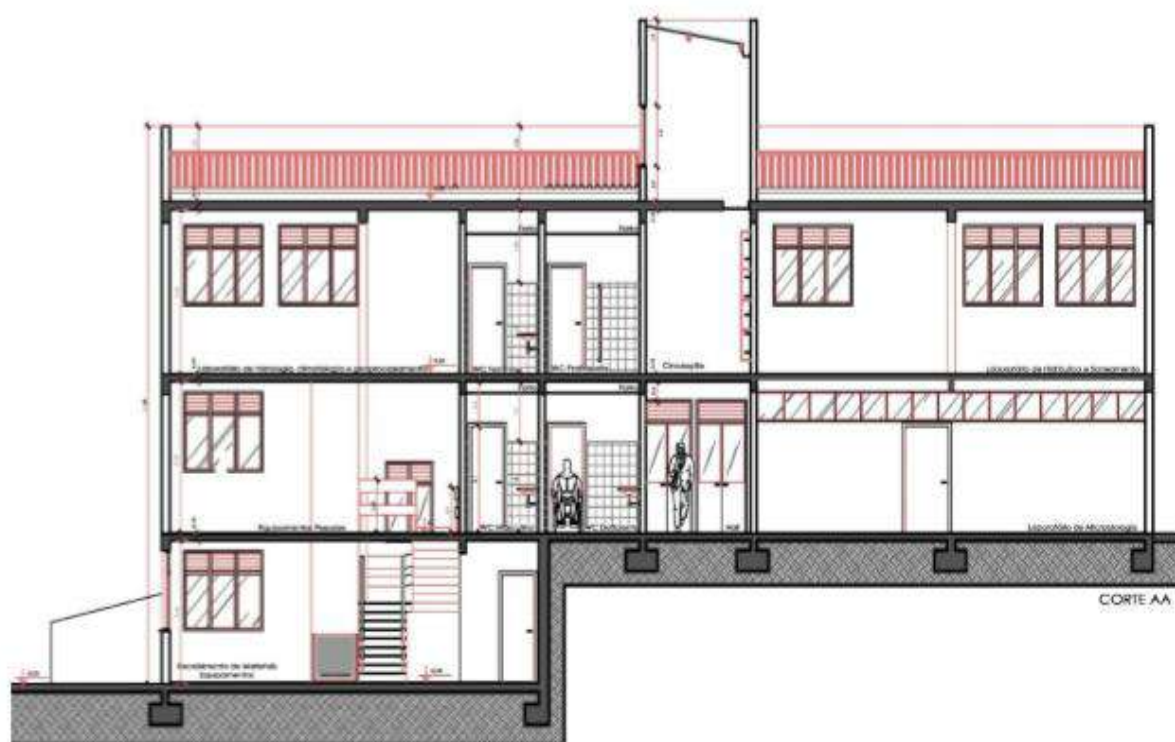
Esta seção se apresenta os resultados da pesquisa de análise comparativa entre as estruturas metálica e de concreto. Os autores que embasaram este estudo foram: Ferraz (2003), Rossatto (2015), Nakamura (2006) e Freire (2017).

Após estudos foi possível construir quadro comparativo de vantagens e desvantagens destacando dos tipos de estrutura e a comparação em relação à viabilidade econômica.

Dentre as características das estruturas observadas estão a resistência, o peso, o valor e a especialização da mão de obra, o custo por m^2 , a capacidade de cobrir grandes áreas, os pilares, a relação altura/vão e os prazos de construção.

No trabalho de Rosatto (2015) foi feita a análise com dimensionamento de uma edificação comercial, trata-se de um laboratório pertencente à Universidade Franciscana (UNIFRA), na cidade de Santa Maria, RS mostrado na Figura 4 abaixo, e esta já existe em estrutura metálica e foi dimensionada para fins acadêmicos.

Figura 4 - Corte A da edificação dimensionada



Fonte: Rossatto (2015, p. 38)

Rossatto (2015, p. 34) usou para um roteiro de cálculo de acordo com notas de aula e normas técnicas (NBR8800, NBR6118 e NBR6120) para analisar a estrutura metálica e para a estrutura de concreto dimensionou através de um programa computacional de cálculo chamado Eberick V8, para estruturas em concreto armado, da empresa AutoQI. No seu trabalho a autora utilizou para o cálculo o custo da estrutura em concreto usinado C30, considerado o custo do bombeamento, e o preço das formas pela tabela SINAPI 2015, além de considerar as barras de ferro usadas.

Os demais autores utilizaram em seus trabalhos análise baseada em dados econômicos, de arquitetura e praticidade na construção civil. Assim, cada valor ou aspecto abordado abaixo é geral, para que a análise seja mais precisa, o construtor tem que ter em mente, qual é o tipo de construção, para que empreendimento ela está sendo feita, pois assim, aspectos como mão de obra qualificada e tempo de execução exerceram uma influência maior em relação ao tipo de estrutura a se escolher.

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO

Inaba apud 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.

Em virtude da interface da construção civil na modernidade, este estudo demonstra conhecimentos acerca do dimensionamento de estruturas de aço em relação às estruturas de concreto.

Nesse sentido, a análise contida no Quadro 3 foi feita pontualmente sobre aspectos específicos, mas segue abaixo dele, as considerações dos autores que são relevantes à compreensão da aplicabilidade de cada estrutura

Quadro3- Análise comparativa entre estruturas metálica e de concreto armado

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
Relação altura/ vão	$h = \text{vão}/20$ redução de 0,4m na distância entre pisos em relação ao concreto armado	$h = \text{vão}/10$
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)

Em seu trabalho Rossatto (2015) aponta que o método construtivo em aço pode ser até 330% mais caro em relação ao método construtivo em concreto, na

obra do Laboratório, O orçamento total da estrutura em reais, em 2015, foi: estruturametálicaR\$151.435,2222 e em concreto armado R\$45.450, 47, mas a autora afirma que a estrutura metálica tem sidocada vez mais utilizada por sua capacidade de eliminar algumas limitações dos outros métodos construtivos e por permitirem a elaboração de “projetos mais arrojados com liberdade total de criação” (ROSSATTO, 2015, p.12).Freire (2017) afirma que em se tratando de fundações , em terrenos de condições normais pode-se obter reduções de até 30% no custo, valores que podem ser superados em se tratando de "terrenos ruins". Outras vantagens da estrutura metálica são elencadas pelo autorcomo: A altura do conjunto viga-laje em estruturas metálicas representa 2/3 da altura do conjunto viga laje em concreto convencional, o que pode representar dependendo do projeto substanciais reduções das áreas totais de alvenarias e revestimentos, causando economia no custo total da obra; oprojeto arquitetônico que permite facilidades na utilização de materiais complementares pré-fabricados; condições para projetar economicamente grandes vãos livres; flexibilidade de utilização dos espaços construídos; Liberdade de formas; desmontagem e remontagem da edificação em outro local; e ampliação e reforma da edificação, com o mínimo de interferência e transtornos na utilização normal do edifício.

Figura5 - Construção civil comercial com estrutura metálica em Patos de Minas



Fonte: O autor (2017)

Dessa forma, a análise desses autores aponta que o custo da estrutura é apenas um dos parâmetros do orçamento total de uma obra. E saber qual estrutura apresenta melhor custo-benefício, requer estudos que envolvam todas as variáveis, tais como tempo de execução da obra, retorno do investimento, custo de materiais e de execução como mão de obra e equipamentos, além de custos relacionados à fundações, limitações arquitetônicas e finalidade da edificação. Assim, de acordo com a finalidade da obra, são muitos os fatores a serem comparados na hora da escolha do método construtivo a escolher.

Foi feita uma pesquisa de campo, em uma obra com sitio na rua Vereador Olegário Pereira Caixeta, residencial Gramado Patos de Minas MG. Conforme Figura 6.

Figura 6– Comparação de construção civil residencial em Patos de Minas



Fonte: O autor, 2017

Neste caso, a estrutura metálica foi a melhor alternativa, devido à característica de cobrir grandes vãos com o mínimo possível de colunas para ser edificado.

Ao se comparar, por exemplo, a estrutura metálica com a de concreto armado vimos claramente que para se vencer as mesmas dimensões em concreto seria necessária a confecção de elementos estruturais robustos que demandam muito tempo e muito peso próprio manchando às vezes o aspecto visual da obra. Como

pode se observar na imagem acima a um emprego muito grande de mão de obra e recursos para se executar uma estrutura de concreto além do mais após sua confecção esse elemento de concreto deverá obedecer a um período mínimo de cura e secagem sendo impossível a continuidade da

5 CONCLUSÃO

A construção civil cada vez mais necessita de métodos e materiais que otimizem a questão da qualidade e do tempo total gasto, dessa forma a estrutura metálica com suas nuances preenche essas lacunas por se tratar de um método simples de fácil aplicação.

Conclui-se que uma das grandes vantagens do uso da estrutura metálica na construção civil é a rapidez e a possibilidade de se vencer grandes vãos sem extrapolar a seção transversal das vigas. Dessa forma as estruturas metálicas podem ser um excelente método construtivo, não somente em construções industriais mais também nas construções habitacionais com ganhos em produtividade e tempo de fabricação e execução.

Tendo em vista a praticidade, a rapidez e o aspecto arquitetônico das estruturas metálicas, o Brasil caminha ainda que com passos curtos para a adoção desse método construtivo tão difundido em outros países como Estados Unidos e Inglaterra onde as estruturas metálicas já estão presentes em até 70% das edificações de grande porte. A questão econômica pode ser o paradigma inibidor do crescimento de construções de estruturas metálicas, no Brasil talvez por uma questão cultural ainda se utilize pouco esse método construtivo pelo simples paradigma de que é um método caro e difícil de ser executado, apesar dos custos serem até 30% mais caros se comparados a madeira, por exemplo, a estrutura metálica é compensativa, uma vez que essa diferença de preço é amplamente diluída no processo de fabricação e montagem e na qualidade e na economia de tempo.

Ocorre no país uma expansão no uso desse método construtivo que vem sendo utilizado em galpões industriais por se tratar de um produto de fácil acesso e uma enorme diversidade de perfis estruturais tornando a bastante versátil as mais diversas aplicações.

Assim, ao se considerar qual tipo de estrutura adotar deve-se analisar a obra como um todo, considerar a demanda de tempo, pois a estrutura metálica é mais rapidamente construída, consegue cobrir grandes vãos, são características que, dependendo do empreendimento, se torna vantajosa a opção por ela ao construir.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. T.; PINHEIRO, Libânio Miranda. Viabilidade econômica de alternativas estruturais de concreto armado para edifícios. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 19, p. 1-19, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 6120. **Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações**. Rio de Janeiro, 1980

_____. NBR 8800. **Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios**. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 8800. **Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

BRITO e SILVA, M. C. **Construção de edificações multiandares em aço**.

Departamento de Artes e Arquitetura, Goiânia: PUC, 2016, 6 p. Disponível em:

<http://wwwo.metalica.com.br/construcao-de-edificacoes-multiandares-em-aco>.

Acesso em mai. 2017.

CARDOSO, Silvia Scalzo; GONZALES, Maria Alice. Identificação de práticas de engenharia simultânea em edifícios estruturados em aço. In: CONGRESSO AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. Associação Brasileira da Construção Metálica. São Paulo, **Anais...** 2014.

CASTRO, E. M. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 1999. 202 p.

FERRAZ, H. O Aço na Construção Civil. **Revista Eletrônica de Ciências, Arquitetura e Urbanismo**, São Carlos: Universidade de São Paulo, n. 22, 2003. 16 p.

FREIRE, C. Análise comparativa: custos estruturais metálica X estrutura de concreto. PORTAL METÁLICA construção civil. Disponível em:

<http://wwwo.metalica.com.br/analise-comparativa-estrutura-metalica-x-concreto>.

Acesso em out. 2017.

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

INABA, R. Entrevista. In : NAKAMURA, J. Era do aço. **Revista a U arquitetura e urbanismo**, São Paulo. Ed. 152, 2006.

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

PENNA, F.; PINHO, F. O. **Viabilidade econômica**. Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2008.

PINHO, F. O. Análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema estrutural com perfis laminados em empreendimentos habitacionais de interesse social. **Revista Metal**. Rio de Janeiro: FOP ENGENHARIA, 2015. 18 p.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia científica**. Paracambi: Faetec/IST, 2007.

RODRIGUES, F.C. **Steel Framing**: Engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006, 127p. ISBN 85-89819-11-6.

ROSSATTO, B. M. **Estudo comparativo de uma edificação em estrutura metálica/concreto armado: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2015.

SALES, U. C.; SOUZA, H. A.; NEVES, F. A. Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço. Ouro preto, **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 54, n. 4, p. 303-309, 2001.

TECHNICA. **Aplicação de estruturas metálicas em edifícios de múltiplos andares**. Disponível em: <http://wwwo.metallica.com.br/aplicacao-de-estruturas-metallicas-em-edificios-de-multiplos-andares>. Acesso em mai. 2017.