

ANÁLISE COMPARATIVA DE GALPÕES EM AÇO E CONCRETO PRÉ-FABRICADO

Ana Luiza Soares¹

Edvandro Silva de Jesus²

Gabriel Falcão Santana Merencio³

Laís Carvalho Guzzo⁴

Ramiro Moreira Silva Junior⁵

RESUMO

Com a constante exigência nos dias atuais no que se refere a orçamentos menores, prazos curtos e sustentabilidade na engenharia civil, percebe-se a necessidade da busca em soluções eficientes, econômicas e duráveis. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica de um galpão estruturado em aço e concreto pré-fabricado, mostrando as potencialidades de cada tipo de estrutura. Para a obtenção dos quantitativos de materiais, utilizou-se um projeto de galpão em concreto pré-fabricado como base para o dimensionamento da estrutura em aço. Os custos de materiais e mão de obra foram levantados utilizando os preços de empresas que atuam no mercado do Espírito Santo. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a solução estrutural em aço apresenta um custo total maior do que a de concreto pré-fabricado. Mas, em contrapartida, a estrutura de aço possui um menor peso, aliviando a fundação, além de ter uma maior agilidade na sua construção, reduzindo o prazo de execução.

Palavras chaves: Concreto Pré-fabricado, Estruturas de Aço, Galpões Industriais.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX SERRA

² Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX SERRA

³ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX SERRA

⁴ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX SERRA

⁵ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio Doce – UNIVALE, pós graduação em Engenharia do Petróleo pela Universidade do Centro Leste – UCL e Professor da Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX SERRA

ABSTRACT

With the constant demand these days when it comes to smaller budgets, tight deadlines and sustainability in civil engineering, we see the need to search for efficient, economical and durable solutions. The objective of this article is to conduct a study of technical and economic feasibility of a structured shed in prefabricated steel and concrete, showing the potential of each type of structure. To obtain the quantity of materials used to project in a shed prefabricated concrete as a basis for the dimensioning of the steel structure. The materials and labor costs were raised using the prices of companies operating in the Espírito Santo market. According to the results, it can be concluded that the steel structural solution has a total cost greater than that of precast concrete. But, on the other hand, the steel frame has a lower weight, relieving the foundation, in addition to greater flexibility in its construction, reducing the lead time.

Keywords: *Precast Concrete, Steel Structure, Industrial Sheds*

1 Introdução

A construção civil fundamenta-se em um mercado competitivo, onde a industrialização e racionalização determinam o custo final dos empreendimentos. Estes diferenciais são obtidos pela modulação de projetos e redução de prazo de execução, gerando assim uma economia no processo de execução. Observa-se cada vez mais a necessidade de ampliação de estudos de técnicas construtivas que viabilizem o aumento da produtividade e a redução de custos. (MELO, 2004, p.2)

O processo construtivo por meio da técnica de modelagem de estruturas moldadas *in loco* é a mais difundida e utilizada no Brasil. Porém, nota-se uma crescente utilização de estruturas industrializadas devido às suas características de produção que viabilizam o seu uso. Os sistemas estruturais em aço e em concreto pré-fabricado são exemplos desse tipo de construção e vêm ganhando espaço no mercado da construção civil brasileira. (BRENTANO, 2010, p.10)

Segundo Chaves (2007, p.22) os galpões são construções de um único pavimento que se estendem por grandes áreas e são constituídos por pórticos planos

regularmente espaçados com cobertura na parte superior e fechamento lateral. Um galpão pode ser construído com diversos materiais, como aço, madeira e concreto, sendo esses materiais utilizados isoladamente ou em conjunto. Já há algum tempo, o aço (figura 1) é o material mais utilizado para construção de edifícios industriais no Brasil, devido às vantagens econômicas e construtivas que oferece. Atualmente, esta solução divide espaço com os galpões de concreto pré-fabricados (figura 2), que se tornaram competitivos nos últimos anos.



Figura 1. Galpão em estrutura de aço
Fonte: www.zagoengenharia.com.br



Figura 2. Galpão em concreto pré-fabricado
Fonte: www.solucoesindustriais.com.br

A utilização de Estruturas de aço vem crescendo consideravelmente no mercado brasileiro, por apresentar material de alta resistência e rapidez se comparada a outros tipos de estruturas. O emprego de aço designado às estruturas metálicas passou de 324 mil toneladas em 2002 para 1,6 milhão de toneladas em 2009, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e os recursos do BNDES repassados para as empresas do setor passaram em média de R\$ 6 milhões em 2001 para mais de R\$ 156 milhões em 2010.

O sistema estrutural deve ser escolhido em razão dos benefícios, observando não apenas uma única análise comparativa como o custo dos materiais e mão de obra. Há outros fatores que devem ser avaliados pelo seu valor agregado como o peso da estrutura, produtividade e sustentabilidade. A opção entre os materiais e os novos sistemas a serem adotados só pode ser escolhida de forma racional após o estudo de todos os fatores em conjunto que influenciam a organização dos espaços e os interesses do cliente. (CARDOSO, 2014, p.31).

Este trabalho tem como objetivo avaliar os custos para se executar um galpão estruturado em aço e concreto pré-fabricado. Será excluída da análise fase de fundação.

Será apresentado neste artigo levantamento bibliográfico para melhor embasamento técnico e dados obtidos para que sirvam de referência na elaboração de anteprojetos e estudos de viabilidade. A proposta deste trabalho é de avaliar as soluções estruturais de um galpão em aço e concreto pré-fabricado, contribuindo para uma possível tomada de decisão por parte de uma empresa a respeito do sistema mais viável.

1.1 Galpões

Edifícios Industriais denominados de galpões são edificações normalmente com um pavimento que podem ter diversas finalidades, tais como: fábricas, oficinas, almoxarifados, depósitos entre outros. Eles podem ser feitos em estruturas de vãos simples ou múltiplos, de acordo com o projeto (Bellei, 2010).

Segundo Chaves (2007), o sistema estrutural de galpões pode conduzir a diferentes tipologias dependendo da geometria da cobertura, do tipo de perfis, das ações atuantes, etc. A Tabela 1 apresenta uma classificação dos sistemas estruturais e construtivos para galpões.

Tabela 1 – Classificação de galpões quanto ao sistema estrutural/construtivo

Edifícios com vão simples	Estruturas com vãos múltiplos	Edifícios com estruturas especiais
*Cobertura com uma água; *Cobertura em duas águas; *Cobertura em arco; * Cobertura tipo <i>Shed</i> .	*Cobertura em múltiplos de uma água; *Cobertura em múltiplos de duas águas.	*Estrutura reticulada espaciais; * Outras estruturas.

Fonte: Chaves (2007)

De acordo com as classificações contidas na Tabela 1, os galpões metálicos podem ser com perfis de alma cheia ou treliçados e, ainda, possuir ou não pontes rolantes.

Chaves (2007) emprega a denominação galpões industriais leves para edifícios industriais sem ponte rolante ou com ponte rolante de pequena capacidade (até 50kN), geralmente empregados em coberturas para diversas finalidades, desde pequenas instalações comerciais até ginásios poliesportivos de grandes vãos.

1.2 Estruturas em aço

As estruturas de aço adquiriram importância na construção civil ao longo do tempo, principalmente pelo fato da alta resistência do aço possibilitar elementos estruturais mais esbeltas, com capacidade de vencer grandes vãos. Braz (2008, p.57) afirma que uma análise de viabilidade/qualidade correta da utilização de sistemas estruturais de aço é por vezes prejudicada, devido aos paradigmas relacionados às estruturas de aço. Dentre vários deles, observam-se os mais comuns, que são o alto preço do material e mão-de-obra, a necessidade de proteção contra fogo e a corrosão. O autor afirma ainda que, em alguns casos, o custo do aço é realmente maior do que o de outros sistemas. No entanto, o alto custo não significa baixa adequação. As estruturas de aço são produtos industrializados que quando empregados corretamente, podem trazer vantagens para o conjunto da obra, como redução do retrabalho e do prazo de execução.

Segundo Dias (2008) um dos pontos mais importantes que define a escolha desse sistema construtivo é a rapidez de execução quando comparada a outros tipos de estrutura. Quando comparada com outros tipos de estrutura, a estrutura de aço mostra rapidez e eficiência na fase de montagem, evitando o atraso do início das obras e trazendo retorno imediato do capital investido.

Chaves (2007) afirma que a estrutura em aço tornou-se mais usual em projetos de pavilhões industriais pelo Brasil, competindo diretamente com projetos em estrutura pré-fabricadas de concreto.

Para Bellei (2010), as principais vantagens das estruturas em aço são a alta resistência mecânica do material e o baixo peso quando comparado aos elementos em concreto armado. O uso de estruturas em aço permite a diminuição das cargas nas fundações e, conseqüentemente, blocos de menores volumes.

Devido à crescente consciência ecológica na atualidade, Cosipa (2013, p.2) destaca que o aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos. Da mesma forma, Gervasio (2008) afirma que se pode contar com o desarranjo das estruturas fora de uso e reconstruí-las em outros locais onde seja necessário. Caso o destino final seja a demolição, a

solução é a reciclagem, o qual pode ser reciclado inúmeras vezes, sem qualquer perda de qualidade.

Quanto à flexibilidade, a estrutura metálica apresenta-se como um dos sistemas construtivos mais indicados nos casos onde há necessidade de adaptações, reformas, reforços, desmontagem e posterior montagem em outros locais utilizando a mesma estrutura. Muitas edificações podem ter seu uso alterado, ao serem solicitadas por cargas maiores, ou mesmo pela exigência de uma nova composição estrutural. Através da soldagem de chapas ou de perfis em vigas e pilares existentes, é possível reforça-las com facilidade, permitindo um aumento nos vãos e nas cargas. Este aspecto também se torna de suma importância na recuperação de estruturas que foram sujeitas a sinistros. (COSIPA, 2013, p.4)

A suscetibilidade à corrosão, para Bellei (2010), é uma das desvantagens encontrada nas estruturas em aço. Tal característica requer cuidados como pintura ou outro tipo de proteção. El Debs (2000) aconselha que os elementos construtivos sejam estudados de forma minuciosa para evitar problemas de acesso e acúmulo de sujeira e umidade.

O paradigma que envolve a resistência do aço contra o fogo é rebatido por Dias (2000, p.67), o qual afirma este assunto já ser amplamente estudado e normatizado. O autor argumenta o conhecimento da necessidade de pinturas como prevenção às intempéries e afirma que, mesmo os elementos de aço necessitando de uma proteção adicional contra o fogo, isso não inviabiliza o uso desse tipo de estrutura.

A Téchne (2009, p.18) reafirma estes argumentos, observando que construir em aço pode ser realmente custoso devido às suas dispendiosas e necessárias proteções contra fogo como os chamados retardadores de calor – placas de gesso, amianto, lã de rocha (utilizado em edificações), mantas cerâmicas e tintas intumescentes. A utilização da camada de isolamento térmico pode onerar em cerca de 10 a 30% do custo total da estrutura de aço utilizada, reduzindo sua competitividade. No entanto, a Téchne (2009, p.19) ressalta que é preciso analisar as necessidades específicas de cada obra, pois a definição da melhor opção construtiva de um empreendimento imobiliário depende de uma avaliação criteriosa e análise de acordo com o contexto,

diversidade e particularidade de cada edificação, além do processo operacional de cada construtor.

1.3 Estruturas em concreto pré-fabricado

Diferentemente das obras de concreto moldadas no local, as pré-moldadas caracterizam-se pelo sistema construtivo em que a estrutura, ou parte dela, é moldada previamente e fora da sua posição de utilização definitiva (BRUMATTI, 2008. p.15). A norma ABNT NBR 9062:2006 define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim. Essa norma faz distinção entre elemento pré-moldado e pré-fabricado, tendo como base o controle de qualidade empregado na execução do elemento. Segundo essa norma o elemento pré-moldado é executado com menor rigor no controle de qualidade quando comparado ao pré-fabricado. Do recebimento de materiais à armazenagem das peças prontas o sistema de qualidade das peças pré-fabricadas deve garantir aos elementos uma excelente confiabilidade no que diz respeito ao atendimento das especificações de projeto. (SANTOS, 2010, p.56)

De acordo com El Debs (2000, p.34), as características que favorecem a utilização de estruturas pré-fabricadas são aquelas relacionadas à execução de parte da estrutura fora do local de utilização definitivo, proporcionando maior produtividade e controle de qualidade mais rigoroso.

O uso do pré-fabricado está relacionado a uma forma de construção econômica, durável e estruturalmente segura. Quando comparados aos outros métodos de construção apresentam muitas características positivas. Segundo Cardoso (2014, p.12) uma dessas características é o aumento da durabilidade da estrutura, uma vez que o concreto possui uma maior resistência à corrosão. Metha (2004, p.23) relata que muitos pesquisadores verificaram que, principalmente devido à baixa permeabilidade, as estruturas de concreto têm excelente resistência a vários agentes físicos e químicos responsáveis por sua deterioração.

O concreto dispõe de boa resistência à compressão e pequena resistência à tração (em média 10% da resistência à compressão). A resistência à tração além de baixa

é incerta, pois o material se comporta de maneira inesperada quando tracionado. Se a concretagem e a cura não forem realizadas de forma adequada, a retração acentuada pode ocasionar fissuras na região tracionada da peça, eliminando completamente a resistência à tração do concreto. Devido a essa natureza imprecisa, a resistência à tração do concreto é desprezada nos cálculos. Porém, o concreto pré-fabricado oferece alguns recursos capazes de melhorar a sua eficiência estrutural. Com a utilização do concreto protendido na execução de elementos como vigas e lajes a necessidade de vencer grandes vãos e reduzir a altura efetiva é alcançada, onde os vãos podem chegar a 40 m ou mais. Logo o benefício alcançado não é apenas flexibilidade na construção, mais também maior vida útil da edificação e, conseqüente, retenção do seu valor comercial por mais tempo. (VERÍSSIMO, 2008, p.54)

O concreto armado, além de apresentar uma vasta característica mecânica, possui uma durabilidade apropriada para a maioria das aplicações a que se destina, necessitando de pouca ou nenhuma manutenção. Esta durabilidade é um resultado natural que o concreto exerce sobre o aço, onde o revestimento de concreto é uma barreira física que não expõe o aço aos agentes agressivos responsáveis pela sua degradação e a elevada alcalinidade do concreto desenvolve sobre o aço uma camada passiva que o mantém intacto por um tempo definitivo, conforme Perdrix (2002, p.5). Porém, a durabilidade do concreto pré-fabricado depende diretamente do controle de qualidade na produção, isto é demonstrado por Philippsen (2011, p.45), onde observaram que na maior parte dessas empresas a produção das peças é realizada de modo rudimentar, sem procedimentos bem definidos e com mão-de-obra não qualificada.

Outra vantagem do concreto citada por Acker (2002, p.89) é o fato de estruturas em concreto armado apresentarem resistência ao fogo de 60 a 120 minutos. Para edificações comerciais, todos os tipos de componentes pré-fabricados sem nenhuma medida especial de proteção atingem a exigência de resistência ao fogo de 60 minutos. Buchanan (2002, p.12) comenta que o sistema estrutural em concreto pré-fabricado possui grande vantagem em situação de incêndio, já que durante os últimos 30 anos várias estruturas foram expostas a incêndios e, mesmo assim,

poucas teriam sofrido danos graves, sendo a maioria recuperada e colocada em serviço logo após o incêndio.

Conforme Neto (2010, p.3), ao utilizar elementos pré-fabricados, os fatores como transporte, carga e descarga dos elementos, içamento, correto posicionamento e forma de fixação dos elementos devem ser estudados. Para Migliore (2008, p.36), a grande desvantagem dos pré-moldados está nos quesitos de transporte e armazenagem. As peças geralmente possuem grandes dimensões e peso elevado, requerendo equipamentos especiais de transporte, maior área de estocagem, além de custos com frete e guindastes que podem inviabilizar esse tipo de processo construtivo. Segundo El Debs (2000, p.45), os custos de transporte desse tipo de estrutura são de 5% a 15% do custo total do empreendimento.

Outra desvantagem, citada por El Debs (2000, p.46), é a necessidade da consideração de cargas de transporte e montagem no dimensionamento das estruturas pré-fabricadas, gerando, com isso, elementos superdimensionados quando comparados com estruturas moldadas no local. El Debs (2000, p.46) também cita como desvantagens do concreto pré-fabricado os problemas em juntas, a dificuldade de transporte para peças grandes e as dificuldades para adaptação à topografia.

2 Metodologia

Para melhor compreensão das características e potencialidades do concreto pré-fabricado e do aço foi utilizado como método a coleta de dados através de referências bibliográficas, orçamentos, publicações científicas, teses e artigos relacionados, proporcionando um embasamento teórico na comparação e avaliação qualitativa dos sistemas estruturais.

Para o estudo da melhor opção a ser utilizada, adotou-se um projeto de galpão em concreto pré-fabricado já calculado por uma empresa do ramo com a devida autorização do autor e da empresa para utilização. O projeto de galpão em aço foi realizado com base no projeto de concreto pré-fabricado. O cálculo da estrutura foi

realizado por um engenheiro civil com auxílio do programa STRAP 2014 devidamente licenciado, com base na ABNT NBR 8800:2008.

O STRAP 2014 é um programa computacional amplamente utilizado no meio acadêmico e profissional para análise linear e não-linear de estruturas em geral.

Como as estruturas em galpão são comumente utilizadas no Espírito Santo, optou-se por essa tipologia estrutural para realizar a comparação entre os sistemas estruturais.

3 Resultados e discussão

O projeto do galpão pré-fabricado em concreto dimensionado e fornecido pela empresa do ramo está representado pela figura 3. Os orçamentos foram obtidos com base no projeto.

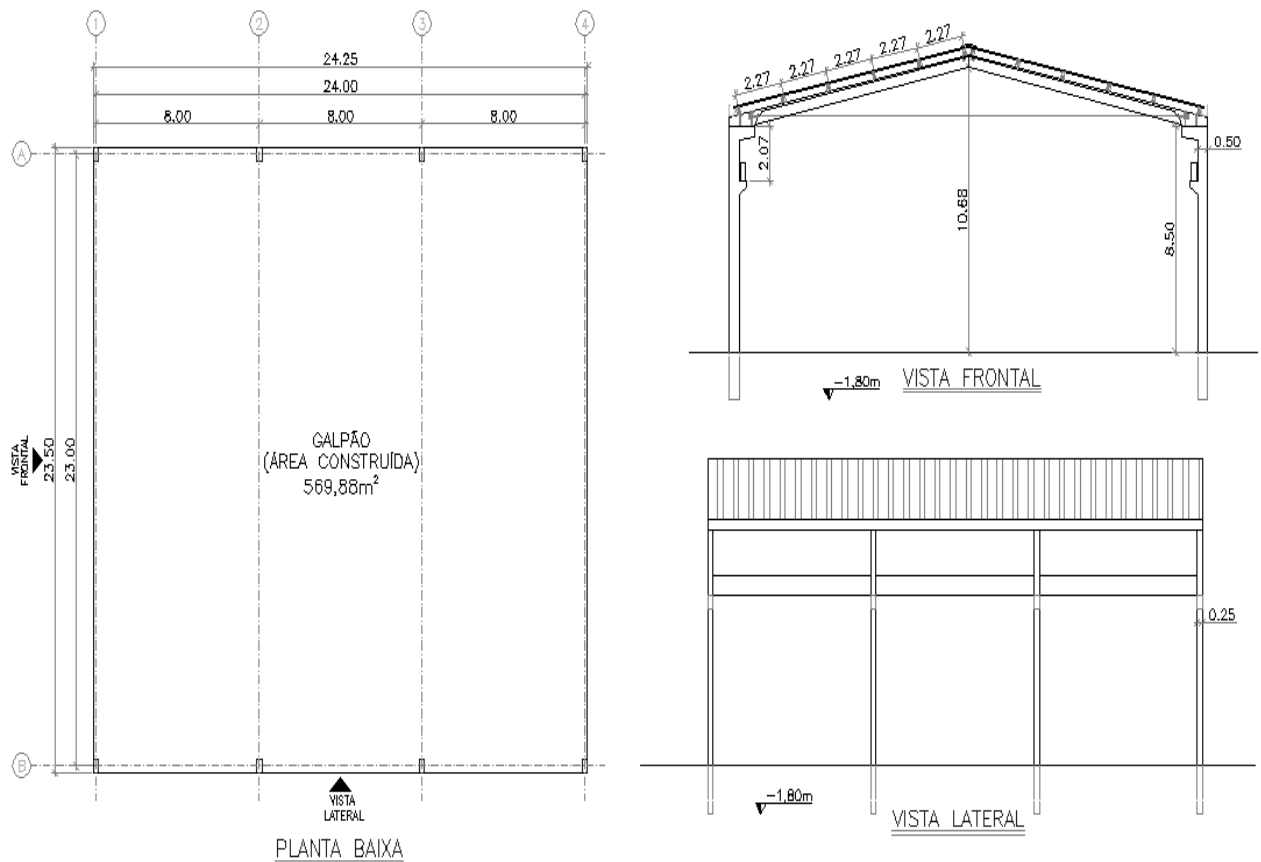


Figura 3 – Projeto do galpão em concreto pré-moldado

A alteração do projeto para estrutura de aço foi realizada utilizando pórticos com alma cheia engastados na base com ligação rígida entre as colunas e a viga de cobertura. Além disso, foram acrescentados os contraventamentos para garantir a estabilidade necessária para a estrutura (Figura 4).

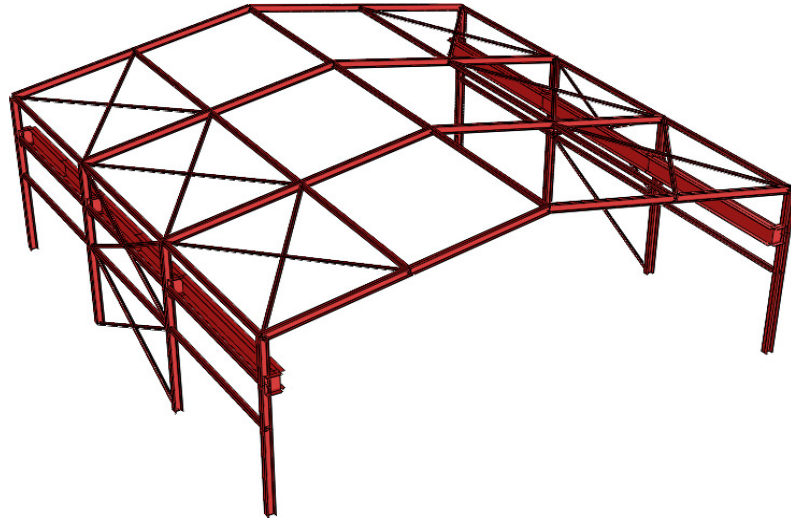


Figura 4 – Estrutura lançada no STRAP 2014 para dimensionamento do galpão em aço

Para as ações atuantes foram utilizados valores compatíveis para essa tipologia estrutural. O peso próprio foi gerado automaticamente pelo STRAP 2014 e a sobrecarga adotada foi de $0,25 \text{ kN/m}^2$, como sugerido na ABNT NBR 8800:2008. As combinações de ações, para avaliação dos estados limites últimos e de serviço, foram feitas conforme descrito na ABNT NBR 8800:2008. A ação do vento foi determinada segundo as recomendações da ABNT NBR 6123:1988 considerando a implantação do galpão em terreno plano na cidade de Vitória - ES. O galpão foi dimensionado visando a melhor taxa de aproveitamento possível dentre os perfis comerciais.

Com as informações obtidas pelo engenheiro no processo de análise e dimensionamento do galpão em aço, elaborou-se um projeto básico para enviar às empresas e solicitar o orçamento. Com o intuito de se obter um orçamento fechado e o mais próximo possível do real, foram consultadas três empresas de cada área que atuam no estado do Espírito Santo, sendo considerado o menor preço total de cada tipologia estrutural. No levantamento de custos foram incluídos os materiais e

mão-de-obra considerando que os galpões sejam construídos na cidade de Vitória, capital do Espírito Santo.

Para se realizar o estudo comparativo dos custos desenvolveu-se uma planilha orçamentária com os valores de materiais e mão de obra obtidos.

Realizado o dimensionamento do galpão em aço desenhou-se o arranjo descrevendo os perfis calculados (Figura 5). Nas vigas e nos pilares utilizou-se perfis tipo W e H, respectivamente, em aço ASTM A572 grau 50. Para as terças e contraventamentos os perfis tipo U e L foram adotados, em aço ASTM A36.

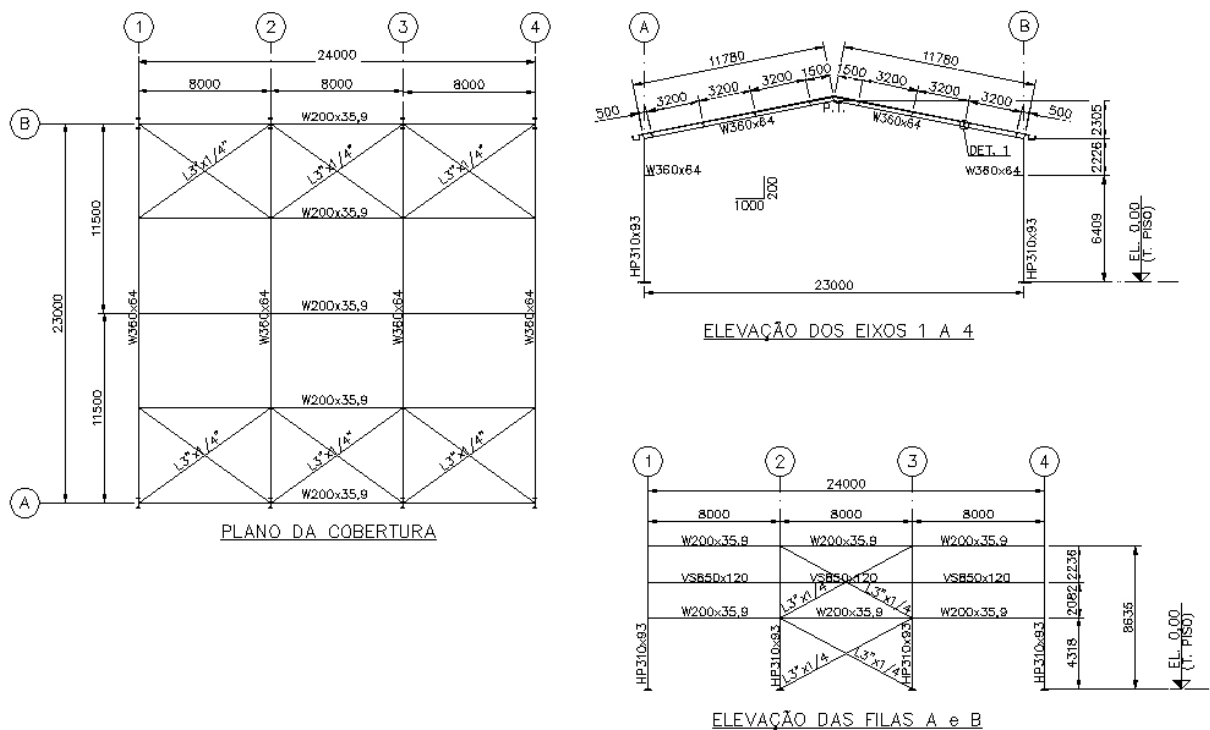


Figura 5 – Projeto básico com o arranjo final da estrutura em aço

Além do arranjo foi gerada uma lista de materiais (Tabela 2) contendo características como a descrição do perfil, quantidade de peças, comprimento total e peso. No fim da Tabela 2 indica-se o peso total com acréscimo de 10 %, para estimar os elementos de ligação.

Tabela 2 – Lista de materiais do galpão em aço

Lista de Materiais			
Seção	Comprimento Total (m)	Peso (tf/m)	Sub-total (tf)
VS 850x120	48,00	0,12	5,76
W 200x35.9	204,00	0,04	7,32
W 360x64.0	110,62	0,06	7,08
HP 310x93.0	69,08	0,09	6,42
L 2.5"x3/8"	383,51	0,01	3,37
Ue 300 x 100x 25 x 3	192,00	0,0124	2,38
		Peso total:	32,34
		Peso + 10%:	35,57

Obtidos os orçamentos com as empresas do ramo da região do Espírito Santo, realizou-se a distribuição dos custos. As Tabelas 3 e 4 apresentam o resumo do custo de material e mão de obra utilizada na fabricação das estruturas em aço e em concreto pré-fabricado, respectivamente.

Tabela 3 - Resumo de custos da solução em aço

MATERIAL				
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Vigas soldadas. A36 850 X 120	5760,00	Kg	R\$ 5,50	R\$ 31.680,00
Viga H 8 A572 (W200X35,9)	7320,00	Kg	R\$ 3,60	R\$ 26.352,00
Viga I 14 A572 (W360X64)	7080,00	Kg	R\$ 3,45	R\$ 24.426,00
Viga H 12 A572 (HP310X93,0)	6420,00	Kg	R\$ 3,60	R\$ 23.112,00
Cantoneira ASTM A 36 2.1/2 X 3/8	3370,00	Kg	R\$ 3,30	R\$ 11.121,00
Perfil U Dobrado 300 X 100 X 25 X 3,00mm	2380,00	Kg	R\$ 3,70	R\$ 8.806,00
Pintura eletrostática a pó	1,00	Vb	R\$ 18.000,00	R\$ 18.000,00
				R\$ 143.497,00
MÃO DE OBRA				
Contratação de mão obra	1,00	Vb	R\$ 81.724,05	R\$ 81.724,05
TOTAL ESTRUTURA AÇO				R\$ 225.221,05

Tabela 4 - Resumo de custos da solução em concreto pré-fabricado

MATERIAL				
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Pilares simples medindo 0,25m x 0,52m x 8,50m	8,00	und	R\$ 4.210,00	R\$ 33.680,00
Vigas tesoura vão de 23,00m sem beiral	8,00	und	R\$ 2.280,00	R\$ 18.240,00
Terças em concreto armado c/ 8,00m	36,00	und	R\$ 295,00	R\$ 10.620,00
Consoles em concreto p/ sustentar vigas ponte rolante até 10 ton.	8,00	und	R\$ 190,00	R\$ 1.520,00
Acessórios para montagem galpão	1,00	vb	R\$ 3.530,00	R\$ 3.530,00
Vigas em concreto armado medindo 0,25m x 0,70m x 8,00m p/sustentar ponte rolante de até 10ton.	6,00	und	R\$ 2.250,00	R\$ 13.500,00
				R\$ 81.090,00
MÃO DE OBRA				
Mão de obra de montagem com fornecimento de equipamentos <i>munck</i> e EPIS .	1,00	vb	R\$ 21.000,00	R\$ 23.600,00
TOTAL ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA				
				R\$ 104.690,00

De acordo com os orçamentos apresentados nas Tabelas 3 e 4, para a edificação em estudo, a solução estrutural em aço resulta em um custo total 115% maior do que a solução em concreto pré-fabricado. Os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 estão representados graficamente na Figura 6, descrevendo os custos totais de material e mão de obra para cada estrutura analisada.

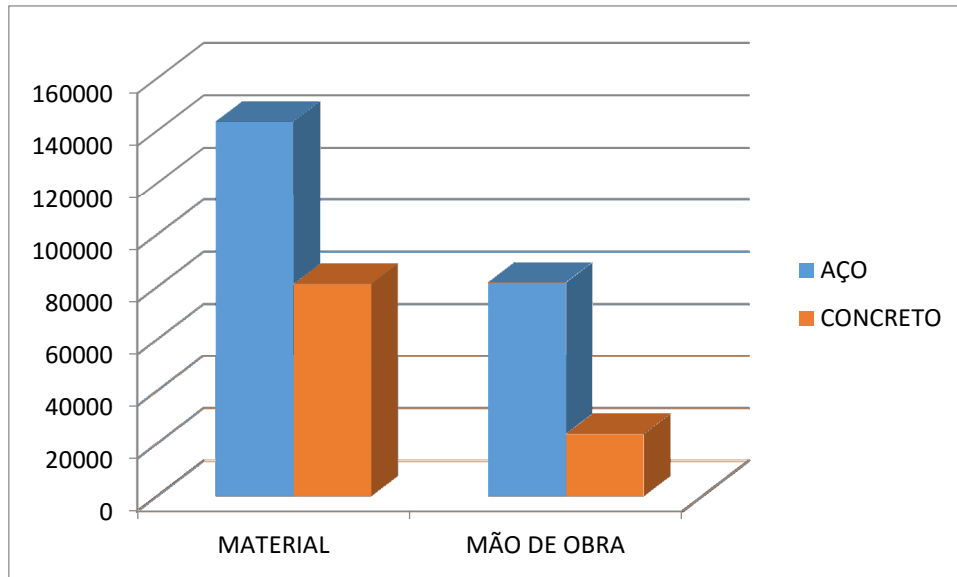


Figura 6- Distribuição de custos de material e mão de obra nas estruturas de aço e pré-fabricada

Pela Figura 6, observa-se que, em relação ao custo de materiais, a solução em estrutura em aço é 76,96% mais cara que a solução em concreto pré-fabricado. O elevado custo dos materiais se explica, além do preço do aço relativamente alto no mercado, também pelos cuidados especiais necessários, como tratamento contra fogo e corrosão, dispensáveis nas estruturas de concreto, mencionados por Bellei (2010, p.121) e pela Téchne (2009, p.20).

Segundo Perdrix (2002, p.21), a estrutura em concreto pré-fabricado é mais durável e necessita de pouca ou nenhuma manutenção. Porém, possui como desvantagem, de acordo com Philippsen (2011, p.54), a possível ocorrência de patologias no concreto. Além disso, de acordo com El Debs (2000, p.48), a dificuldade para adaptação à topografia pode tornar inviável em determinados casos.

Na Figura 6 é possível visualizar que o custo de mão de obra da estrutura de aço também se mostrou maior que na solução em concreto pré-fabricado (246,26% acima do concreto). Braz (2008, p.45) afirma que quando comparada com o concreto, o aço possui uma mão de obra mais cara, devido à necessidade de uma equipe mais especializada.

Braz (2008, p.47) e Dias (2000, p.140) afirmam que a estrutura em aço é mais leve, o que proporciona menores solicitações na fundação, gerando uma grande

economia na infraestrutura. A estrutura em aço, por possuir menor peso, permite a redução nas cargas de fundações e, conseqüentemente, blocos com menores volumes e uma menor movimentação de terras, conforme citado por Andrade (2000).

Além disso, segundo Braz (2008, p.47) e Dias (2000, p.134), a estrutura em aço apresenta mais eficiência construtiva, com menor desperdício e mais agilidade. Para esses autores uma das maiores vantagens do aço é o reduzido prazo de execução quando comparado com outras soluções estruturais. Na Figura 7 constam os prazos médios para a execução das estruturas tratadas neste trabalho, fornecidos pelas empresas consultadas. A estrutura de concreto pré-fabricado pode ser executada num prazo médio de 60 dias, enquanto a de aço em 45 dias.

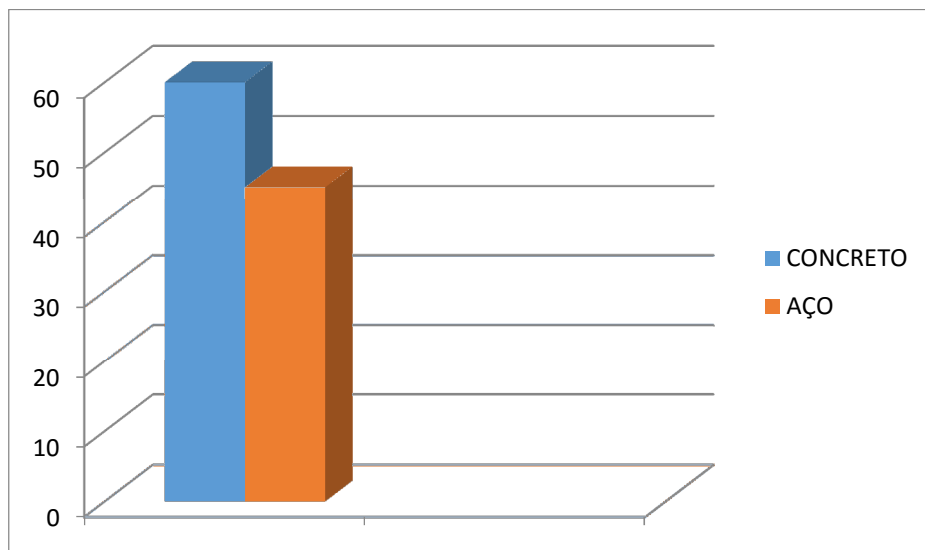


Figura 7: Prazos de execução

Outra vantagem na escolha do aço citada por Cosipa (2004, p.5) e Gervásio (2008), é a possibilidade de alteração do uso, aumento dos vãos e cargas com a utilização de reforços e a possibilidade de reconstruir a estrutura em outro local ou reutilizar os perfis.

Não foram analisados os custos referentes a transporte e fundação.

4 Conclusão

Neste trabalho foi estudado um galpão em estrutura de concreto pré-fabricado e a adaptação deste galpão para estrutura de aço. Para essa tipologia estrutural, pode-

se observar que ao avaliar o custo total de execução da estrutura em concreto pré-fabricado comparado a estrutura de aço, o concreto é mais vantajoso. No entanto, a decisão de qual solução será utilizada deve ser feita após um estudo comparativo criterioso, definindo com o cliente quais características são relevantes.

O resultado obtido através da pesquisa de revisão bibliográfica mostra que quando há necessidade de alteração do uso da edificação, aumento dos vãos e das cargas, sendo necessário realizar reforços ou reconstrução da estrutura, a solução mais viável é a estrutura em aço devido a sua mobilidade se comparada ao pré-fabricado.

Por isto, este trabalho não tem o objetivo de generalizar os resultados apresentados, mas de auxiliar na escolha da estruturação de empreendimentos com semelhanças, fazendo as devidas adaptações.

Na análise comparativa de soluções estruturais para um galpão é necessário não se levar somente em conta o consumo de materiais e o custo total do empreendimento, mas, também, os aspectos qualitativos e prazo para a execução. Como a edificação em estudo é comercial, a maior agilidade no prazo é desejável para recuperar o investimento rapidamente. Essa necessidade de controle de prazo torna a estrutura de aço mais vantajosa do que a estrutura de concreto pré-fabricado, uma vez que o prazo de execução do aço é menor.

5 Referência

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. São Paulo: FIB, 2002. 129 p.

ANDRADE, P.A. **Porque construir com estruturas metálicas**. 2012. On-line. Disponível em <www.pauloandrade.com.br>. Acesso em: 02 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6355– Perfis estruturais de aço formados a frio**. Rio de Janeiro, 2012.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 14724:2011- Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 14762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.** Rio de Janeiro, 2010.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais. Projeto e cálculo em aço.** São Paulo: PINI, 2010.

BRAZ, J.C.R. **Análise comparativa de custos entre edifícios residenciais de quatro pavimentos utilizando alvenaria estrutural e estrutura mista de concreto e aço.** 2008. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2008.

BRENTANO, L.I. **Estudo comparativo de custos para uma estrutura em concreto pré-moldado e moldado *in loco*.** 2010. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Mato Grosso, Sinop, 2010.

BRUMATTI, D. **O Uso de Pré-Moldados: Estudo e Viabilidade.** 2008. 54 f. Monografia (Especialista em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CARDOSO, S.O. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e estrutura pré-moldada.** 2014. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2014.

CHAVES, M.R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves.** 2007. 125f. Trabalho de conclusão de curso (Pós graduação de engenharia civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço: Conceitos, Técnicas e Linguagem.** 1. Ed. São Paulo: Ziguarte, 2000.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações.** São Paulo: Edusp, 2000.

GERVÁSIO, H.M. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. 2008.** On-line. Disponível em: < www.construmetal.com.br> Acesso em: 30 jan.2015.

MEHTA, P. K. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 2004.

MELO, C.E.E. **Manual de projetos em concreto pré-fabricado.** São Paulo: PINI, 2004.

MIGLIORE, G. **Dimensionamento e Utilização de Laje Alveolar Protendida**. 2008. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2008.

NARDIN, S. de.; SOUZA, A. S. C.; PERREIRA, M. F.; SERAFIM, J.A. **ConstruMetal 2012. CONGRESSO LATINO- AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA**, 2012, São Paulo. **Análise comparativa de soluções de pilares para galpões: pilares de aço, pré-moldados e mistos de aço e concreto**. 2012, São Paulo, 2012, p.2-20.

NETO, S. R. **Logística no Transporte e Montagem de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto**. **4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado Sustentável** – Universidade do Algarve, Faro – Portugal, p.3-11/ dez. 2010.

PERDRIX, M. D. C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: PINI, 2002.

PHILIPPSEN, R. **Manifestações Patológicas Oriundas do Processo Produtivo de Elementos Pré-Moldados de Concreto Armado**. 2011. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso.(Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

STRAP. **Structural Analysis Programs**. Versão 2014, 2014.

SANTOS, A.P. **Análise estrutural de galpões atirantados de concreto de concreto pré-fabricado**. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SOLUÇÕES. **Galpão em concreto pré-fabricado**. 2016. On-line. Disponível em: <www.solucoesindustriais.com.br>. Acesso em: 11 abril. 2016.

TÉCHNE. Uma nova era para o aço. **Revista mensal Técnica**, São Paulo, n. 36. p. 18-23. Set..2009.

VANTAGENS DO USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo: COSIPA, Companhia Siderúrgica Paulista, 2013

VERRÍSIMO, G. S. **Concreto protendido: Conceitos básicos**. Viçosa: UFV, 2008. 73 p.

ZAGO. **Galpão em estrutura metálica**. 2016. On-line. Disponível em: <www.zagoengenharia.com.br>. Acesso em: 11 abril. 2016.