UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

FELIPE GOMES MEDEIROS

RODRIGO SOARES PACHECO

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO BENEFÍCIO DE EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CASAS GEMINADAS ENTRE CONCRETO ARMADO COM ALVENARIA E ESTRUTURA METÁLICA COM *DRYWALL*

Tubarão

2019

FELIPE GOMES MEDEIROS
RODRIGO SOARES PACHECO

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO BENEFÍCIO DE EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CASAS GEMINADAS ENTRE CONCRETO ARMADO COM ALVENARIA E ESTRUTURA METÁLICA COM *DRYWALL*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Gil Felix Madalena

Tubarão
2019

FELIPE GOMES MEDEIROS
RODRIGO SOARES PACHECO

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO BENEFÍCIO DE EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CASAS GEMINADAS ENTRE CONCRETO ARMADO COM ALVENARIA E ESTRUTURA METÁLICA COM *DRYWALL*

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 26 de novembro de (2019).

Professor e orientador Gil Felix Madalena, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Charles Mendes de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eng. Douglas Figueiredo Bressan, Esp.
Engenheiro Civil

RESUMO

Esta monografia faz um estudo comparativo entre uma estrutura de concreto armado, com vedação em alvenaria, e uma estrutura metálica, com vedação em drywall, de quatro casas geminadas localizada no município de Tubarão/SC. Esta confrontação, visa a comparação dos custos de materiais, mão de obra e o tempo de execução do empreendimento por ambos os métodos. Para realização do estudo, foi utilizado um orçamento da empresa "A", responsável pela construção das casas geminadas em concreto armado com vedação em alvenaria, e um orçamento da empresa "B", referente ao método construtivo de estrutura metálica com drywall. Com a realização do estudo, pôde-se analisar que o método construtivo de concreto armado com alvenaria ainda é mais vantajoso economicamente em relação ao de estrutura metálica para construção de residências, devido ao alto valor do aço utilizado na execução da estrutura metálica. Porém, a velocidade de execução da estrutura metálica é superior ao método tradicional, sendo um dos principais atrativos para atingir novos mercados. Lembrando que para escolha do método construtivo, deve ser levado em consideração a utilização e o local do empreendimento a ser construído.

Palavras-chave: Concreto armado. Estrutura metálica. Comparativo de custos.

ABSTRACT

This monograph makes a comparative study between a reinforced concrete structure with masonry fence and a drywall-sealed metal structure of four row houses located in the city of Tubarão - SC, aiming the costs comparison of supplies, workforce and the time of completion of the project by both methods. To carry out the study, we used a budget from company "A" responsible for the construction of semi-detached reinforced concrete houses with masonry fence, and a budget from company "B" corresponding to the construction method of the drywall metallic structure. With the accomplishment of the study it was possible to analyze that the constructive method of reinforced concrete with masonry is more economically rentable than the one of metallic structure for construction of residences due to the high price of the steel used in the execution of the metallic structure, but the speed of the execution of the metallic structure is superior to the traditional method and it is one of the main attractions to reach out new markets. Remembering that for the choice of the construction method must take into consideration the use and the location of the project to be built.

Keywords: Reinforced concrete. Metallic structure. Costs comparison.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Principais tipos de fundações superficiais 16
Figura 2–Sapata isolada 17
Figura 3 - Estrutura radier 18
Figura 4 - Vigas de baldrame 19
Figura 5 - Bloco em degraus 20
Figura 6 - Bloco comum 20
Figura 7 - Parede de bloco cerâmico..... 23
Figura 8 - Parede de bloco cerâmico..... 23
Figura 9 - Trinca com ângulo de 45° 25
Figura 10 - Fissura geométrica 25
Figura 11 - Verga e contraverga de concreto 25
Figura 12 - Tabela de teor de carbono 27
Figura 13 - Transmissão viga - viga e placa de base para coluna 30
Figura 14 - Transmissão viga - coluna engastada e ligação em treliças 30
Figura 15 - Parafuso de baixo carbono e transmissão de esforço nos parafusos..... 32
Figura 16 - Tipos de juntas de soldagem e tipos de penetração da solda 33
Figura 17 - Solda de filete 33
Figura 18 - Solda de entalhe..... 34
Figura 19 - Ensaio de líquido penetrante 36
Figura 20 - Ensaio de partícula magnética 36
Figura 21 - Ensaio de radiografia 37
Figura 22 - Ensaio de ultrassom 38
Figura 23 - Estrutura metálica utilizada para execução de prédios 40
Figura 24- Paredes internas em drywall..... 43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custo total da obra 52
Gráfico 2 - Custo de mão de obra da estrutura 53
Gráfico 3 - Custo de mão de obra da etapa vedação 54
Gráfico 4 - Custo de material das etapas estrutura e vedação 55
Gráfico 5 - Custo total das estruturas com vedação 56
Gráfico 6 - Percentual do custo das etapas estruturas/vedação em relação ao custo global 56
Gráfico 7- Custo por fase de obra - empresa 57
Gráfico 8 - Custo por fase de obra empresa B 58
Gráfico 9 - Período de execução 59

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

A.C – Antes de Cristo
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
MPa – Mega Pascal
MAG – Metal Ativo Gás
NBR – Norma Brasileira
OSB – Painel de Tiras de Madeira Orientadas
SC – Santa Catarina
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPT – Standard Penetration Test (Ensaio de Penetração Padrão)

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Grau Celsius
m^2 - Metro quadrado
cm^2 - Centímetro quadrado
cm – Centímetro
m – Metro
mm – Milímetro
Ø – Diâmetro
m^3 - Metro cúbico
h – Hora
kg – Quilograma
kg/m^3 - Quilograma por metro cúbico
R$ - Reais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 14
1.2 OBJETIVO 15
1.2.1 Objetivo geral 15
1.2.2 Objetivos específicos 15
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS 16
2.2 FUNDAÇÕES DIRETAS OU RASAS 16
2.2.1 Sapata Isolada 17
2.2.2 Fundação Radier 18
2.2.3 Baldrame 18
2.2.4 Blocos 19
2.3 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO 20
2.4 ALVENARIA CONVENCIONAL 23
2.5 DIFERENÇA ENTRE FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS 24
2.6 VERGAS E CONTRAVERGAS 25
2.6.1 Instalação de vergas e contravergas 26
2.6.2 Classificação no SINAPI 26
2.7 AÇO 26
2.7.1 Entidades normativas para o aço 27
2.7.2 Aços para perfis, barras e chapas 29
2.7.3 Propriedades mecânicas gerais 29
2.8 DISPOSITIVOS DE LIGAÇÕES NA ESTRUTURA 29
2.8.1 Elementos de ligação 31
2.8.2 Meios de ligação 31
2.8.2.1 Parafusos 31
2.8.2.1.1 Parafusos de baixo carbono 31
2.8.2.1.2 Parafusos de alta resistência 32
2.8.2.2 Soldas 32
2.8.2.2.1 Solda de filete 33
2.8.2.2.2 Solda de entalhe 34
2.8.2.2.3 Solda de tampão 34

2.8.2.3 Inspeção e controle de qualidade 35
2.8.2.3.1 Inspeção visual 35
2.8.2.3.2 Líquido penetrante 35
2.8.2.3.3 Partícula magnética 36
2.8.2.3.4 Radiografia 37
2.8.2.3.5 Ultrassônico 37
2.9 ESTRUTRA METÁLICA 38
2.9.1 Projetos 38
2.9.2 Fabricação e aceitação das peças metálicas 39
2.9.3 Processo executivo 39
2.9.4 Vantagens da estrutura metálica 40
2.9.5 Desvantagens da estrutura metálica 41
2.10 DESENHO DE FABRICAÇÃO 41
2.11 DESENHO DE MONTAGEM 42
2.12 DRYWALL 42
2.12.1 Normas técnicas relacionadas ao projeto e execução de drywall 43
2.13 MÉTODOS DE ORÇAMENTOS E PLANEJAMENTOS TRADICIONAIS 44
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 46
3.1.1 O estudo comparativo 47
3.2 COLETA DOS DADOS 47
3.3 ANÁLISE DOS DADOS 48
4 MATERIAIS E MÉTODOS 49
4.1 FUNDAÇÃO 49
4.2 ESTRUTURA 49
4.3 VEDAÇÃO 50
4.4 IMPERMEABILIZAÇÃO 51
4.5 COBERTURA 51
5 COMPARATIVO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 52
5.1 COMPARATIVO DOS RESULTADOS 52
5.1.1 Custo total da obra 52
5.1.2 Fundação 53
5.1.3 Custo da mão de obra da estrutura e vedação 53
5.1.4 Custo dos materiais das estruturas e vedação 54
5.1.5 Somatório dos custos da mão de obra e dos materiais das estruturas e vedações 55

5.1.6 Custo total por etapas **57**
5.1.7 Tempo de execução **58**
5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 59
6 CONCLUSÃO **61**
REFERÊNCIAS **63**

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a construção civil busca inovar e aprimorar seus métodos construtivos, visando o aumento da produtividade, qualidade e redução de custos para atrair e satisfazer novos clientes.

A estrutura metálica na construção civil é um método inovador que busca a redução de mão de obra no canteiro de obra, agilidade no processo construtivo e redução de resíduos. Porém, ainda pouco utilizado na construção de residências em nosso país. Já na racionalização do seu processo de produção, a construção civil vem encontrando diversas dificuldades (FRANCO, 1992).

O objetivo da pesquisa foi comparar o custo benefício de dois métodos construtivos: um no método tradicional, em concreto armado com alvenaria, e um outro método inovador que utiliza o sistema de estrutura metálica com vedação com drywall. A pesquisa foi realizada em uma construção de quatro casas geminadas situada em Tubarão – SC. Essa pesquisa visou apenas comparar o custo da estrutura e vedação em ambos os sistemas construtivos.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

A construção civil vem evoluindo ano após ano com novas tecnologias e métodos construtivos, possibilitando um ganho significativo no tempo de construção e uma melhor sustentabilidade, fator este de extrema importância para o meio ambiente. Com isso, a diversidade de tecnologias possíveis para a construção precisa ser ampla e de alto conhecimento técnico do profissional, para que possamos garantir construções de qualidade, confiabilidade, menor tempo de execução e melhor custo benefício para o cliente.

O comparativo de preço de diferentes tecnologias é fundamental, pois mesmo que se ofereça um método que proporcione mais conforto, menor tempo de construção e menos riscos de manutenção, o parâmetro preço é um dos fatores determinantes na escolha do método a ser empregado na hora da construção. A mão de obra, o tempo de execução e o desperdício de materiais, são itens com grande representatividade no custo final da obra.

Com base nisso, será feito um estudo comparativo do ponto de vista técnico e financeiro, apresentando dois métodos de execução das estruturas. O primeiro é o tradicional concreto armado, com alvenaria de tijolos cerâmicos, e o outro em estrutura metálica, com *drywall*, processo que começa a ganhar espaço em nossa região em função do considerável ganho de tempo e com menor número de funcionários durante a construção.

Esta pesquisa apresenta a seguinte questão principal:

Qual dos métodos construtivos é técnica e economicamente mais viável na execução das estruturas de casas geminadas: concreto armado com alvenaria ou estrutura metálica com *drywall,* em estudo comparativo realizado no ano de 2019 na cidade de Tubarão/SC.

1.2 OBJETIVO

Neste capítulo serão apresentados os objetivos, geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Comparar, no ponto de vista técnico e financeiro, a execução das estruturas de quatro casas geminadas em concreto armado com alvenaria tradicional e na estrutura metálica com drywall, buscando encontrar o método construtivo mais econômico.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consistem em:

a) identificar os tipos de fundações em ambos os métodos;
b) descrever os métodos de execução da estrutura de concreto armado com alvenaria tradicional;
c) descrever os métodos de execução da estrutura metálica com drywall;
d) descrever os métodos de orçamentos e planejamentos tradicionais;
e) definir o projeto e dados a comparar;
f) comparar do ponto de vista financeiro o método mais econômico;
g) comparar do ponto de vista técnico os métodos de construção de quatro casas geminadas em concreto armado em alvenaria convencional e estrutura metálica com drywall.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será realizada uma revisão na literatura técnica e especializada das diferentes estruturas.

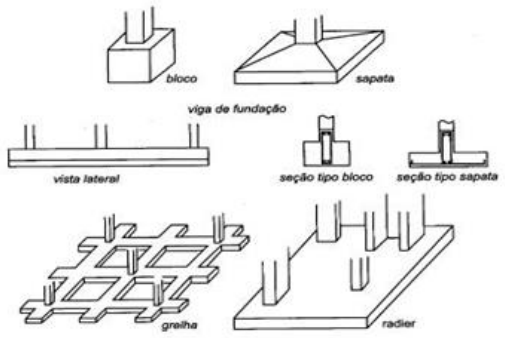
2.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Nesta seção serão apresentadas as definições de dois sistemas construtivos pertinentes a esta monografia: o concreto armado com alvenaria convencional e estrutura metálica com drywall. Os conteúdos estão divididos em: estrutura em concreto armado, alvenaria convencional, estrutura metálica, drywall.

2.2 FUNDAÇÕES DIRETAS OU RASAS

De acordo com a literatura, as fundações diretas ou rasas têm como definição quando as cargas da construção são repassadas ao solo logo nas primeiras camadas. Para que isso ocorra, é importante que o solo tenha resistência suficiente nessas primeiras camadas para suportar as cargas decorrentes da estrutura. (REBELLO, 2008).

Figura 1- Principais tipos de fundações superficiais



Fonte: Rebello, 2008

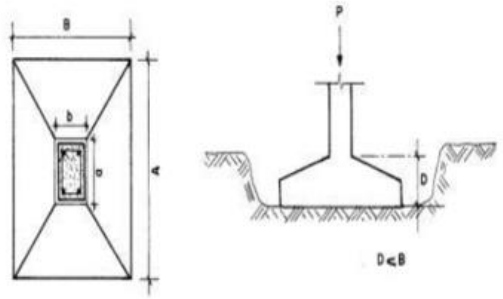
Com base na afirmação do autor do parágrafo anterior, sempre antes de iniciar a construção é necessário ser feito o ensaio de SPT. Este procedimento permite a classificação do

perfil geológico e da potência de carga das diversas camadas do subsolo. Essa aquisição de amostras das camadas permite também a verificação do nível do lençol freático e estabelece a compacidade ou consistência dos solos arenosos ou argilosos, apresentando também eventuais linhas de rupturas que possam ocorrer em superfície.

2.2.1 Sapata Isolada

Dentre as fundações, a sapata isolada, de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a qual regulariza a NBR 6122/96 (Projeto e execução de Fundações), são elementos de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura. Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal. Estas são consideradas da mesma ordem de grandeza, também utilizadas quando as cargas transmitidas pela superestrutura são pontuais ou concentradas, como as cargas de pilares e as reações de vigas na fundação (vigas baldrames). (VELLOSO,2010).

Figura 2–Sapata isolada



Fonte: Ebah, 2001

As vantagens das sapatas em uma fundação são o seu baixo custo, rapidez de execução e a capacidade de construção sem equipamentos e ferramentas especiais. Uma fundação em sapatas bem dimensionada pode ser executada com pouca escavação e baixo consumo de concreto. (PEREIRA, 2016).

2.2.2 Fundação Radier

Esta fundação tem como característica receber as cargas dos pilares da construção, e as distribuir uniformemente sobre o solo. As técnicas em radier são utilizadas quando as áreas das sapatas se aproximam umas das outras ou quando se interpenetram em consequência de cargas elevadas nos pilares e/ou de tensões de trabalho baixas. Utiliza-se, também, para uniformizar os recalques através de uma fundação associada. Desta forma, na obra física, uma fundação em radier se faz necessário quando a área total das sapatas for maior que a metade da área da construção.

Figura 3 - Estrutura radier

Fonte: VELLOSO,2010

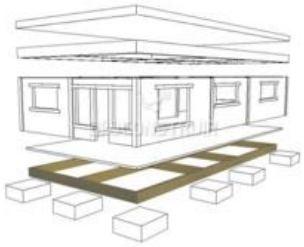
A estrutura radier pode ser projetada em quatro tipos principais: radiers lisos, radiers com pedestais ou cogumelos, radiers nervurados, radiers em caixão. Além disso, existe outro tipo de fundação em radier, os radier em abóbadas invertidas, mas não é comum a utilização deste tipo no Brasil. (VELLOSO, 2010).

2.2.3 Baldrame

As vigas de características baldrames são estruturas físicas com a designação de receber o aporte de cargas da estrutura e repassá-las aos elementos de fundação. Na formação estrutural de edifícios em concreto armado, as vigas baldrame recebem as cargas de paredes e outros elementos e as transmite aos elementos de fundação, como sapatas ou blocos de coroamento. Desta forma, finalizados os elementos de fundação, como sapatas ou blocos, deve-

se dobrar as armaduras e fixar as formas (sustentadas por cimbramento) das vigas baldrame. (MELHADO et al, 2006).

Figura 4 - Vigas de baldrame



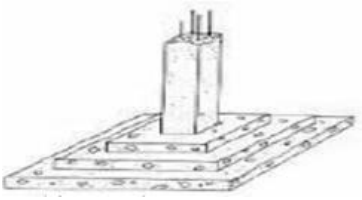
Fonte: MELHADO et al, 2006.

Para executar os baldrames ou sapatas corridas, deve-se abrir as valas com a base mais dez centímetros de cada lado. O fundo deve ser apiloado e receber ou um lastro de concreto magro (150 kg/m³ de cimento) ou lastro de brita (compactada, contendo pó-de-pedra). (PEREIRA, 2018).

2.2.4 Blocos

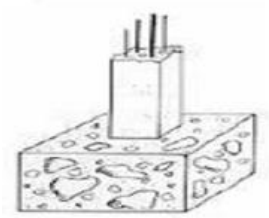
Esta estrutura é utilizada em edificações cujas fundações precisam atingir as camadas profundas do terreno. Nessa situação, é preciso recorrer ao uso de estacas ou tubulões. A ligação entre esses elementos e a superestrutura de uma edificação se dá por meio do bloco de fundação. Em estruturas de concreto pré-moldado, essa ligação pode ocorrer por meio do uso de chapa de base, por emenda da armadura com graute e bainha, ou por meio de cálice. Dentre esses tipos, destaca-se a ligação por meio de cálice, a qual apresenta relativa facilidade de construção, possibilidade de ajuste e de transmissão de momentos dos pilares para as estacas.

Figura 5 - Bloco em degraus



Fonte :DELALIBERA & GIONGO, 2006

Figura 6 - Bloco comum



Fonte: DELALIBERA & GIONGO, 2006

A respeito dos blocos de fundação, alguns trabalhos apresentam o desenvolvimento de modelos de bielas e tirantes, os quais são utilizados no dimensionamento de blocos com ligação monolítica. (DELALIBERA & GIONGO, 2006).

2.3 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

As estruturas de concreto são tradicionais em todos os países, sendo que no Brasil é o processo construtivo mais utilizado. Comparada a estruturas com outros materiais, a disponibilidade dos materiais constituintes do concreto (agregados, cimento e água), do aço e a facilidade de aplicação explicam a larga utilização das estruturas de concreto nos mais diferentes tipos de estruturas, como edifícios de múltiplos pavimentos, pontes e viadutos, portos, reservatórios, barragens, pisos industriais, pavimentos rodoviários e de aeroportos, paredes de contenção, entre outros. (VASCONCELOS, 2011).

Dentre os elementos utilizados na estrutura de concreto armado, a argamassa de cal, uma das mais antigas, já era utilizada 2000 anos antes de Cristo, na ilha de Creta. E, no terceiro século a.C., os romanos descobriram uma fina areia vulcânica que, misturada com argamassa de cal, resultava numa argamassa muito mais firme e possível de ser aplicada sob a água. Além, disso, os romanos também faziam uso de uma pozolana10 de origem vulcânica e, misturada à areia, pedra e água, fabricavam concretos que foram empreendidos em construções que perduram até os dias de hoje, como o Panteão, construído durante o primeiro século da era cristã. (MARQUES, 2011).

De acordo com os Viana et al, durante os anos seguintes, o concreto com pozolana foi perdido. Até que na Inglaterra, em 1824, Joseph Aspdin, patenteou o cimento Portland, o qual foi produzido industrialmente após 1850. Afirma-se que o “cimento armado” surgiu na

França, no ano de 1849, sendo um barco, o primeiro objeto do material registrado pela História, do francês Joseph-Louis Lambot, apresentado oficialmente em 1855. O barco foi construído com telas de fios finos de ferro e preenchidas com argamassa de cimento. Em 1850, o francês Joseph Mounier, um paisagista, fabricou tubos reforçados com ferro, vasos de flores com argamassa de cimento e armadura de arame e, depois, reservatórios, escadas e uma ponte com vão de 16,5 m. Foi o início do que hoje se conhece como "Concreto Armado". (VIANA, 2013).

Helene e Andrade (2010), afirmam que o concreto de cimento Portland é o mais importante material de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser caracterizado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. Sua descoberta, no fim do século XIX e seu intensivo uso no século XX, que o transformaram no material mais consumido pelo homem depois da água. Revolucionaram a arte de projetar e construir estruturas cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história. (HELENE; ANDRADE, 2010).

Após explanar toda história dessas estruturas, temos como definição que a junção de armações de aço ao concreto deu origem ao emprego do concreto armado nas obras de construção civil. As estruturas realizam a função de proporcionar e manter a integridade da construção. Além disso, o desempenho deve ser garantido para que sua utilização seja viável durante a sua vida útil. (CARRAZEDO, 2002).

Dentro do contexto, Reis observou que as estruturas de concreto armado seriam eternas, oferecendo uma perspectiva de vida útil capaz de extrapolar as previsões de longo prazo. Atualmente, sabe-se que elas podem se tornar inadequadas ao uso em prazo relativamente curto. (REIS, 2003).

O Concreto Armado possui as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão), o que permite construir elementos com as mais variadas formas e volumes, com relativa rapidez e facilidade, para os mais variados tipos de obra. Outro aspecto positivo, é que o aço, convenientemente envolvido pelo concreto, fica protegido contra a corrosão e altas temperaturas provocadas por incêndio, pelo menos durante um certo período, desde que tenha o correto cobrimento. Uma questão importante a ser observada para a existência do Concreto Armado, é a necessidade de aderência entre o concreto e o aço de modo que ambos trabalhem solidariamente, em conjunto. Com a aderência, a deformação num ponto da superfície da barra de aço (εs) e a deformação do concreto (εc) neste mesmo ponto serão iguais. (VASCONCELOS,1985).

De acordo com as qualidades da utilização do concreto armado, este apresenta aspectos positivos e negativos das estruturas. Dependendo do tipo de finalidade da obra, as estruturas podem ser construídas em concreto, aço, madeira ou alvenaria estrutural. De acordo com o autor Marques 2011, a definição do material da estrutura depende da sua disponibilidade e de alguns fatores, como:

a) custo: leva-se em conta que é importante calcular o custo global da estrutura considerando-se o custo dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos, bem como o tempo necessário para a sua elevação.
b) adaptabilidade: A concretagem permite a mais variada forma, devido quando no estado fresco pode ser moldado com relativa facilidade, o que favorece o projeto arquitetônico.
c) resistência ao fogo: As estruturas, sem proteção externa, têm uma resistência natural de 1 a 3 horas, além disso, devem resistir às elevadas temperaturas para permitir a evacuação de pessoas e permitir interromper o incêndio.
d) resistência a choques e vibrações: O concreto apresenta massa e rigidez que minimizam vibrações e oscilações, provocadas pelas ações de utilização e o vento.

Ainda corroborando com Marques 2011, os principais aspectos negativos das estruturas de concreto são os seguintes:

a) baixa resistência à tração: a resistência da estrutura à tração é considerada baixa em relação à compressão, em torno de apenas 10 %, o que o sujeita à fissuração. A estrutura de aço projetada de forma assertiva reduz esse problema, possibilitando restringir as aberturas das fissuras a valores aceitáveis, prescritos pelas normas de modo a não permitir a entrada de água e de agentes agressivos e não prejudicar a estética e a durabilidade da estrutura;
b) fôrmas e escoramentos: a armação da estrutura de concreto exige maneiras de escoramentos que necessitam ser montados e, posteriormente, desmontados, levando a empresa custos elevados de material e de mão de obra;
c) baixa resistência do concreto por unidade de volume: a armação de concreto se caracteriza pela baixa resistência em relação ao aço estrutural e apresenta elevada massa específica (2.450 kg/m³), o que demanda da necessidade de estruturas com volumes aumentados e por consequência pesos próprios muito

elevaods, tornando-se a principal característica negativa das estruturas de concreto;

d) alterações de volume com o tempo: Devido alterações de volume provocadas pela retração e pela fluência, esta condição pode vir a fissurar o concreto.

A NBR 6118, aplica-se a estruturas com concretos normais, com massa específica seca maior que 2.000 kg/m³, não excedendo 2.800 kg/m³, do grupo I de resistência (C20 a C50)19, e do grupo II de resistência (C55 a C90), conforme classificação da NBR 895.

2.4 ALVENARIA CONVENCIONAL

O Bloco cerâmico de vedação apresenta características como vazado ou furado. Além disso, é fabricado com argila de cor avermelhada e, devido seu cozimento, ele se apresenta em forma de um paralelepípedo retangular, com dimensões variadas. Na construção de alvenaria, o bloco cerâmico é a parte principal a ser utilizada. Há 4.000 a. C a argila é utilizada pelo homem como o principal componente deste método. Sendo assim, é um dos artifícios pré-fabricado mais antigos da construção civil, se destacando pela sua durabilidade e pela facilidade de fabricação e manuseio. Os blocos dessa estrutura são um dos componentes básicos de qualquer construção de alvenaria, seja de vedação ou estrutural. (HERINGER, 2015).

Dentro da técnica de execução em obra de alvenaria de bloco cerâmico, este possui fases de locação da primeira fiada, elevação da alvenaria, instalação de tubulações hidráulicas e elétricas e execução de revestimento. (VIANA; ALVES, 2013).

Figura 7 - Parede de bloco cerâmico

Fonte: http://pgg.com.br (2018)

Figura 8 - Parede de bloco cerâmico

Fonte: Pedreirão (2018)

Comentado [M1]: Inexistente

Na construção civil, os blocos cerâmicos formam parte das suas paredes e tem como função a vedação. Estes blocos têm como atribuição, fazer parte de paredes que suportarão o seu peso próprio e a carga de ocupação como armários, pias, lavatórios e outros, tendo seus furos na direção horizontal. A função deste tipo de alvenaria, gera um agrupamento de entulho, por ser necessário fazer rasgos na alvenaria pronta, para passar as tubulações hidráulicas, a rede elétrica, telefone, causando então muitos desperdícios. Isso não ocorre no *drywall*, visto que existe uma sequência para que não haja desperdício.

2.5 DIFERENÇA ENTRE FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS

É importante você saber que, embora sejam tratadas como a mesma coisa, fissura, trinca e rachadura possuem significados distintos.

A diferença está, justamente, na espessura de cada uma, na extensão que alcançou o problema. Conforme a NBR 9575:2003, que trata de impermeabilização, elas podem ser chamadas da seguinte maneira:

a) microfissuras: possuem abertura inferior a 0,05 mm;
b) fissuras: possuem aberturas com até 0,5 mm, estreitas e alongadas;
c) trincas: são mais profundas e mais evidentes, maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm.

No primeiro caso, não provocam maiores danos que a má aparência. Mas, em situações mais graves, quando se tornam maiores, podem absorver umidade, provocar mofo e a degradação do imóvel.

Já as rachaduras são bem maiores, aparecem em qualquer parte das paredes e por elas podem passar água ou até mesmo vento.

Esse tipo de anomalia pode ser causado por alguns fatores como: recalque das fundações, corrosão da armadura, retração do concreto, retrações de secagem e sobrecargas. Com isso, é de grande importância saber identificar qual a causa da patologia em questão para que se possa saber como agir no tratamento dela. (SOLERA, 2017)

Uma das opções para enfrentar o problema é abrir e preencher as fissuras com um material veda-trinca. Uma alternativa é remover o reboco, colocar uma tela metálica sobre a fissura e cobri-la novamente com o reboco.

Figura 9 - Trinca com ângulo de 45°

Fonte: Gilberto Abelha/Arquivo/Gazeta do Povo

Figura 10 - Fissura geométrica

Fonte: Corsini, 2010

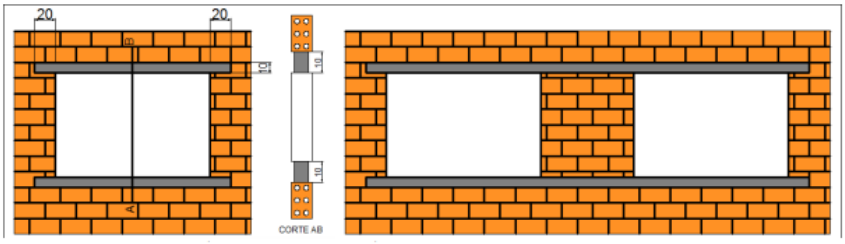
É fundamental identificar e tratar a patologia logo no início, pois evita uma manutenção corretiva e um custo elevado futuramente.

2.6 VERGAS E CONTRAVERGAS

Segundo a NBR 8545 (ABNT, 1984, p.9), as vergas de concreto são elementos estruturais que devem ser confeccionados ou instalados sobre o vão de aberturas da alvenaria, enquanto em janelas ou caixilhos devem também ser confeccionada ou instaladas contravergas. A norma também exige que essas vergas e contravergas, devem ter altura mínima de 10cm e o seu comprimento deve exceder no mínimo 20cm do vão.

Para vãos muito próximos, a norma recomenda que sejam utilizados apenas um elemento estrutural para ambos os vãos. Para vãos que ultrapassam 2,40m, as vergas e contravergas devem ser calculadas como uma viga. Quando as extremidades do vão estão próximas aos pilares, é comum adotar vergas e contravergas contínuas até o pilar, pela facilidade na execução e garantia de que o reforço estrutural será eficaz.

Figura 11 - Verga e contraverga de concreto



Fonte: Gasperin, 2014

2.6.1 Instalação de vergas e contravergas

Essas minis vigas podem ser feitas no próprio local onde vão ficar (*in loco*). Neste caso, serão necessárias as formas de execução, as escoras, e alguns dias de espera para serem retiradas. Isso pode demorar uma semana ou pouco mais. Também podem ser pré-fabricadas no canteiro da obra, para serem deslocadas e instaladas na parede posteriormente, mas pode haver alguma dificuldade extra nesse transporte (AZAMBUJA et al, 2008).

Para facilitar tudo isso, muitos usam os blocos canaleta como se fossem as formas da viga, sendo preparada com mais rapidez e praticidade.

2.6.2 Classificação no SINAPI

Como foi visto, as formas de produzir cada uma dessas estruturas são bastante variadas. Tanto que, nas composições de preços do SINAPI – Caixa Econômica Federal, elas são classificadas da seguinte maneira:

a) vergas pré-moldadas para janelas e portas;
b) vergas moldadas in loco, em concreto, para janelas e portas;
c) vergas moldadas in loco, com utilização de blocos canaleta, para janelas e portas;
d) contravergas pré-moldadas;
e) contravergas moldadas in loco, em concreto;
f) contravergas moldadas in loco, com utilização de blocos canaleta;
g) cintas de amarração de alvenaria moldadas in loco, em concreto;
h) cintas de amarração de alvenaria moldadas in loco, com utilização de blocos canaleta.

2.7 AÇO

A história do aço começa nas minas, onde é efetuada a extração do minério de ferro e levado até o alto forno para que possa ser transformado em ferro-gusa. O ferro-gusa, após conveniente refinação, é empregado nas fundições. Com isso é possível obter peças em ferro fundido e peças forjadas de uso corrente.

O aço é uma liga de ferro com menor teor de carbono. Portanto, para produzir aço a partir do ferro gusa, é necessário efetuar a retirada do carbono e outros elementos ainda no estado de fusão do material.

Existem inúmeros tipos de aços, diferenciando-os pela composição química, onde pode-se atribuir diferentes propriedades mecânicas no aço. Há aços comuns, aços de construção, aços inoxidáveis e ainda os aços especiais destinados à fabricação de ferramentas e utensílios.

Os aços carbonos, são classificados conforme o teor de carbono inseridos em sua estrutura, com isso são classificados conforme figura a seguir:

Figura 12 - Tabela de teor de carbono

Tabela 7 – Exemplos de aços-ao-carbono e suas respectivas composições (à exceção dos teores normais de P: máx. 0,035%; S: máx. 0,040%; Mn: máx. 1,05%; e Si: máx. 0,35%), segundo a norma ABNT (os valores indicados são os teores médios da norma).

Aço	%C, em peso
ABNT 1008	0,08
ABNT 1010	0,10
ABNT 1015	0,15
ABNT 1020	0,20
ABNT 1025	0,25
ABNT 1035	0,35
ABNT 1045	0,45
ABNT 1060	0,60
ABNT 1084	0,84
ABNT 1095	0,95

Fonte: Norma ABNT

O teor de carbono no aço, determina a dureza que o aço possui, influenciando assim, nas propriedades mecânicas de cada tipo. A figura acima mostra as nomenclaturas dos aços e seu teor de carbono. Conforme ABNT, o aço ABNT 1008, por exemplo, possui 0,08 % de carbono em sua composição, já o aço ABNT 1095, possui 0,95% de carbono. Sendo assim, quanto maior a percentual de carbono no aço, maior a dureza do mesmo, porém mais frágil a resistência a choques mecânicos.

2.7.1 Entidades normativas para o aço

As entidades normativas são responsáveis por determinar os processos para execução de determinadas atividades.

> Entidades normativas são associações representativas de classe, ou organismos oficiais, que determinam os procedimentos a serem seguidos para a execução de uma determina atividade, (PINHEIRO. 2005. P.5).

As entidades normativas para estruturas metálicas obtêm sob registros as características de cada tipo de aço, contendo suas propriedades químicas e mecânicas dos materiais.

> No caso de projetos e obras em estrutura metálicas, têm-se normalizadas as características mecânicas e químicas dos materiais, a metodologia para cálculo estrutural e o detalhamento em nível de projeto executivo, (PINHEIRO. 2005. P.5).

As principais instituições responsáveis pelas normas referentes a estruturas metálicas, segundo Pinheiro (2005), são:

a) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
b) AISC – American Instituteof Steel Construction
c) AES – American Welding Society
d) AASHTO – American AssociationofStateandHighwayTransportationOffials
e) API – American PetroleumInstitute
f) ASTM – American Society ofTestingandMaterials
g) AISE – Associationof Iron and Steel Engineers
h) ASCE – American Society of Civil Engineers
i) AREA – American Railway Engineering
j) ABS – American Bureau Shipping
k) ASA – American Standards Association
l) SAE – Society odAutomotiveEngineers
m) SSPC – Steel StructuresPaintingCouncil
n) USBPR – United State Bureau ofPublicUniformBuildingCode
o) DIN – Deutsch Industrie Normen
p) AFNOR – AssociationFrançaise de Normalisation.

A NBR 8800, de 14 de abril de 1996, é a norma principal segundo PINHEIRO (2005), não descartando as normas complementares, como:

a) NBR 8681/84
b) NBR 6160/80
c) NBR 6123/88
d) NB 599
e) NBR 14323/99

f) NBR 14432/00
g) NBR 5884/99

2.7.2 Aços para perfis, barras e chapas

Os aços aprovados para uso na NBR 8800 (2008. p.11) para perfis, barras e chapas, são aqueles com qualificação estrutural assegurada por Norma Brasileira ou norma ou especificação estrangeira. Desde que possuam resistência ao escoamento máximo de 450 Mpa e relação entre resistência a ruptura (fu) e ao escoamento (fy) não inferior a 1,18.

2.7.3 Propriedades mecânicas gerais

Para efeito de cálculo devem ser adotados, os seguintes valores de propriedades mecânicas, (NBR 8800. 2008. P.13):

a) Módulo de elasticidade, E = Ea = 200 000 Mpa
b) Coeficiente de Poisson, va = 0,3
c) Módulo de elasticidade transversal, G = 77 000 Mpa
d) Coeficiente de dilatação térmica, βa = 1,2 x 10-5 °C-1
e) Massa especifica, ρa = 7850 kg/m³.

2.8 DISPOSITIVOS DE LIGAÇÕES NA ESTRUTURA

O termo ligação é o termo denominado aos elementos construtivos que realizam a união das estruturas entre si ou com partes de uma estrutura externa. Podemos apresentar o exemplo de uma ligação com uma parte externa, citando a ligação da estrutura metálica com a fundação. As ligações são formadas por dispositivos de ligações e meios de ligações.

O dimensionamento de uma ligação deve levar em consideração a especificação de cálculo da barra, sendo que o cálculo da ligação deve ser superior ou igual a resistência da barra. (VASCONCELLOS, 2011).

As ligações devem cumprir os seguintes requisitos estabelecidos na NBR 8800 (2008):

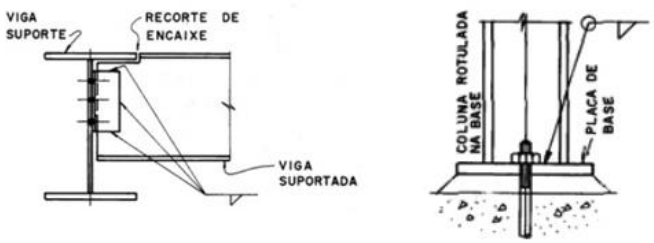
a) permitir a execução de maneira adequada e em boas condições de segurança da fabricação, do transporte, do manuseio e da montagem da estrutura;

b) as ligações devem ser dimensionadas para uma força solicitante mínima de 45kN, com direção e sentido da força atuante, com exceção de diagonais e montantes de travejamento de barras compostas, barras redondas para tirantes, terças e longarinas;
c) ligações de barras tracionadas ou comprimidas devem ser dimensionadas no mínimo para 50% da força axial resistente de cálculo da barra.

Essa última condição estabelece uma compatibilidade entre a resistência da barra e a da ligação, ou seja, independentemente do valor da solicitação, a ligação deve, pelo menos, apresentar uma resistência de cálculo igual à metade da resistência de cálculo da barra.

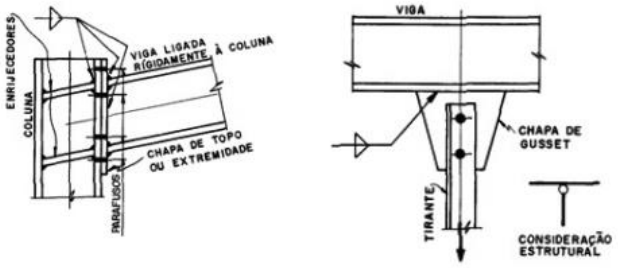
As figuras abaixo ilustram alguns exemplos dos principais tipos de ligação em estrutura de aço. (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 13 - Transmissão viga - viga e placa de base para coluna



Fonte: Ligações em estruturas metálicas, 2019 p. 10.

Figura 14 - Transmissão viga - coluna engastada e ligação em treliças



Fonte: Ligações em estruturas metálicas, 2019 p. 10.

Existem diferentes tipos de ligações, para suprir a necessidade dos diferentes tipos de esforços que a estrutura é submetida.

2.8.1 Elementos de ligação

São todos os componentes incluídos no conjunto para permitir ou facilitar a transmissão dos esforços:

a) Enrijecedores;
b) Chapas de ligação;
c) Placas de base;
d) Cantoneiras;
e) Consolos;
f) Talas de emenda;
g) Parte das peças ligadas envolvidas localmente na ligação.

2.8.2 Meios de ligação

São os dispositivos que promovem a união entre as partes da estrutura para formar a ligação. Os dispositivos de ligação mais utilizados em estruturas metálicas são:

a) Parafusos;
b) Soldas.

2.8.2.1 Parafusos

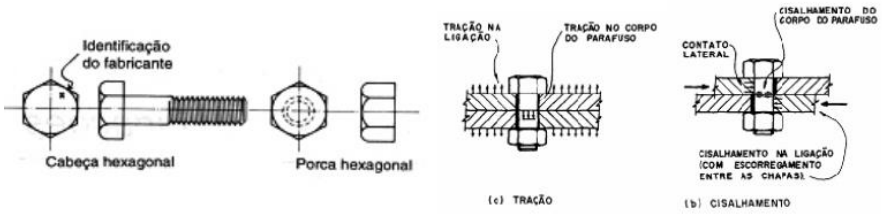
São dispositivos de fixação, utilizados em peças ou estruturas que poderão ser desmontadas futuramente, bastando apertar e desapertar os parafusos que fazem a união das peças ou estruturas. Os parafusos se diferenciam pela forma da rosca, da cabeça, da haste e do tipo de acionamento. Esses elementos têm a função de apertar, equilibrar, segurar, conter e estabilizar estruturas. (FERREIRA, 1977).

2.8.2.1.1 *Parafusos de baixo carbono*

Os parafusos de baixo carbono utilizados em estruturas metálicas possuem, normalmente, cabeça e porca sextavadas, podendo possuir em seu corpo, rosca total ou parcial no sentido longitudinal do parafuso. Para realização da montagem dos parafusos, não é necessário a especificação de torque (aperto), pois a resistência ao escorregamento é

desprezada. As uniões envolvendo parafusos de baixo carbono são conhecidas também como ligações do tipo contato, pois os parafusos são solicitados ao cisalhamento, à tração ou a ambos os esforços simultaneamente. A figura 15, mostra o desenho dos componentes de um parafuso, sua instalação nas peças de montagem, e ilustração dos esforços nos parafusos. (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 15 - Parafuso de baixo carbono e transmissão de esforço nos parafusos



Fonte: Ligações em estruturas metálicas, 2019 p. 12.

Verificamos que os esforços sofridos nos parafusos, encontram-se no corpo do elemento no sentido transversal do parafuso.

2.8.2.1.2 *Parafusos de alta resistência*

Os parafusos de alta resistência, permitem efetuar a montagem de estruturas metálicas com protensão, com isso, não permitem que haja escorregamento entre as partes conectadas, devido ao alto torque aplicado sobre os parafusos.

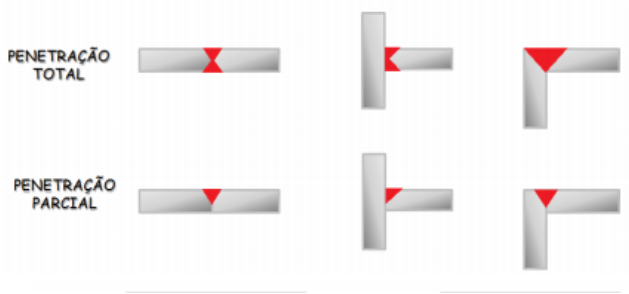
2.8.2.2 Soldas

É a união de materiais obtida pela fusão dos elementos metálicos, onde para efetuar determinada tarefa é necessário que o profissional (soldador) seja devidamente especializado. (FERREIRA, 1977).

Na construção civil temos diferentes processos de soldagem como:

a) Solda de filete;
b) Solda de entalhe;
c) Solda de tampão.

Figura 16 - Tipos de juntas de soldagem e tipos de penetração da solda



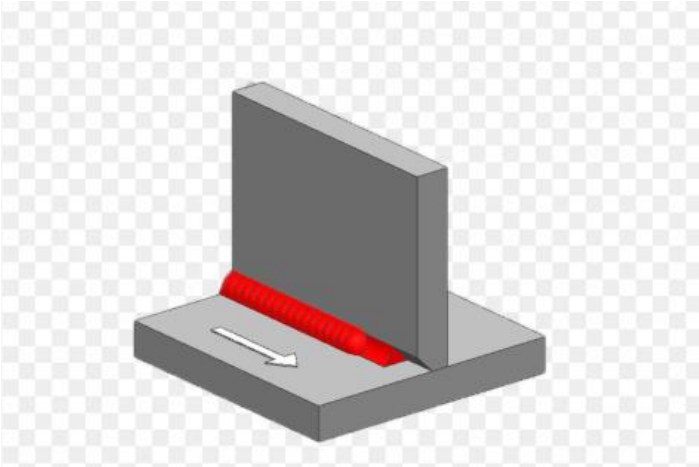
Fonte: Cálculo de ligações em estrutura metálica, 2019.

2.8.2.2.1 *Solda de filete*

É o processo de soldagem mais utilizado devido sua facilidade, adaptação a diversos tipos de juntas e economia, levando em consideração o custo benefício.

As soldas de filetes possuem normalmente a forma de um triangulo isósceles reto, onde normalmente os dois lados são iguais e seu ângulo é de 90°. (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 17 - Solda de filete



Fonte: Medlabservices, 2019. Disponível em: <https://www.gratispng.com/png-kbdz1p/>

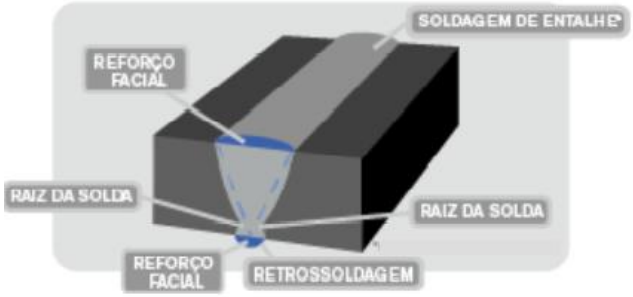
Esse processo é indicado para diversos tipos de juntas a ser soldada, devido a facilidade e confiabilidade do processo. É necessário efetuar a limpeza da escória entre as camadas dos filetes.

2.8.2.2.2 *Solda de entalhe*

Normalmente utilizadas para unir peças em mesmo plano (junta de topo), sendo executada num entalhe entre as bordas das duas peças. Porém, também podem ser utilizadas em juntas ‘T’ e em juntas de canto.

Não é permitido realizar a solda de entalhe intermitente, ou seja, a soldagem deve ser em todo o corpo da junta a ser soldada. Podendo ser com penetração total, quando executada em toda a espessura da peça, ou parcial, quando não preenche toda espessura da junta a ser soldada. (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 18 - Solda de entalhe



Fonte: Hypertherm, 2016.

Esse processo é muito utilizado em soldas de topo, devido a facilidade de execução e confiabilidade do processo de soldagem.

2.8.2.2.3 *Solda de tampão*

Utilizada em furos ou rasgos para transmissão de forças paralelas à superfície de contato em ligações de superposição ou para evitar flambagem dos elementos sobrepostos. As aberturas podem ser totalmente ou parcialmente preenchida com o material de adição dependendo da sua profundidade. (NBR 8808, 2008)

É importante salientar que as soldas de tampão não podem ser submetidas a esforço de tração.

2.8.2.3 Inspeção e controle de qualidade

O procedimento antes da soldagem, consiste em realizar uma inspeção nas partes a serem soldadas, buscando garantir a limpeza das juntas, posição das peças, pré-aquecimento do metal base, sequência de soldagem, tratamento de raiz entre outros aspectos que possam influenciar no processo de soldagem. (BELLEI, PINHO, PINHO, 2004).

Após a soldagem é necessário realizar algumas inspeções nas juntas soldadas, visando a qualidade da solda. Entre essas inspeções, podemos citar: inspeção visual, líquido penetrante, partícula magnética, ultrassônico e radiografia. (VASCONCELLOS, 2011).

Essas inspeções são conhecidas como ensaios não destrutíveis, pois não agridem a junta soldada. Os ensaios são realizados por profissionais qualificados.

2.8.2.3.1 *Inspeção visual*

Ensaio realizado apenas observando a junta soldada, buscando encontrar algum defeito superficial detectável a olho nu na junta soldada. Defeitos como: trincas superficiais grosseiras, imperfeições, falta ou excesso de solda, porosidade, entre outras. (VASCONCELLOS, 2011).

2.8.2.3.2 *Líquido penetrante*

É realizado para identificar falhas superficiais na junta soldada, porém não detectáveis a olho nu.

O método consiste em efetuar uma limpeza na junta soldada, visando retirar gorduras, óleos e graxas. Após, é inserido o produto penetrante na junta soldada, onde deve ficar reagindo por alguns minutos. Posteriormente é efetuado nova limpeza da peça e inserido o produto revelador, onde se houver alguma anormalidade na junta soldada, será exposta para o exterior da peça em forma de manchas com coloração referente ao liquido penetrante utilizado. (FERREIRA, 1977).

Figura 19 - Ensaio de líquido penetrante

Fonte: Hayrton, 2016.

É um método muito rápido e eficaz para identificação de defeitos superficiais e não é necessário danificar a junta soldada.

2.8.2.3.3 *Partícula magnética*

Ensaio utilizado em juntas soldadas para revelação de defeitos superficiais. Para a realização deste método é necessário efetuar a magnetização da peça a controlar, fazendo com que ocorra um desvio das linhas de força do campo magnético correspondente a cada descontinuidade. (FERREIRA, 1977).

Figura 20 - Ensaio de partícula magnética

Fonte: Insptecnica, 2019.

É um processo rápido e eficaz para detectar defeitos superficiais, porém para executar esse procedimento é necessário um profissional qualificado.

2.8.2.3.4 *Radiografia*

Este método possibilita a identificação de imperfeições internas como: porosidade, escórias, vazios, fissuras, falta de fusão. Esse procedimento é indicado para espessuras de 4mm a 70mm. Somente fissuras paralelas ao colidimento podem ser identificadas neste processo. (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 21 - Ensaio de radiografia

Fonte: Startec, 2019.

É um ensaio não destrutível que visa identificar defeitos internos, onde os ensaios de líquido penetrante e partícula magnética não conseguem alcançar. Como se trata de um ensaio não destrutível, não é necessário danificar a peça soldada para realização do ensaio.

2.8.2.3.5 *Ultrassônico*

Ensaio utilizado para identificar defeitos internos nas juntas soldadas. Este método baseia-se na propriedade de reflexão das ondas acústicas ao atingirem elementos de diferentes características acústicas, tais como: densidade, velocidade e impedância específica. (FERREIRA, 1977).

Figura 22 - Ensaio de ultrassom

Fonte: Mcontrol Engenharia, 2019.

Este ensaio é realizado em peças com grandes espessuras e variadas tipos de geometrias, normalmente é efetuado em peças de aço carbono.

2.9 ESTRUTRA METÁLICA

Denomina-se estrutura metálica todo elemento estrutural fabricado inteiramente em material metálico, sendo que o material metálico mais comum utilizado é o aço carbono.

Podemos utilizar estrutura metálica para efetuar diversos componentes estrutural como: vigas, pilares, terças, treliças de telhado, barrotes de mezaninos, pórticos, pergolados, dentre outros. (PEREIRA, 2018).

É comum se confundir estrutura metálica com o aço utilizado em concreto armado. Porém não é correto, pois os aços que constituem ambas estruturas possuem propriedades e comportamentos diferentes. (PEREIRA, 2018).

2.9.1 Projetos

Na utilização de estruturas metálicas, é necessário que alguns projetos tenham condições diferenciadas como o projeto arquitetônico, projeto preventivo de incêndio (PPCI), projeto estrutural e o projeto de orçamento e planejamento do empreendimento de construção civil. (PEREIRA, 2018).

O projeto arquitetônico deve prever condições e identificar onde haverá peças aparentes. O plano de prevenção contra incêndio também deverá ser diferenciado, tendo em vista que os materiais metálicos possuem comportamento diferente do concreto quando exposto ao fogo.

Já o projeto estrutural irá seguir os princípios de análise estrutural, porem terá que levar em consideração, as cargas de projetos previstas em norma específica NBR 6120, avaliando as ligações e seções disponíveis no mercado.

O orçamento e planejamento de construção civil, irá sofrer modificação levando em consideração a tecnologia construtiva utilizada. Com isso, influenciará no cronograma da obra, na mão-de-obra e nos recursos físicos utilizados no empreendimento. (PEREIRA, 2018).

2.9.2 Fabricação e aceitação das peças metálicas

A indústria recebe os projetos das peças a serem fabricada para confeccioná-las. A mesma, possui um controle de fabricação controlado rigorosamente, aumentando a confiabilidade do produto final. Entretanto, é de suma importância a conferencia de todas as peças fabricadas após elas chegarem ao canteiro de obra, para ter a confirmação que o recebido ficou de acordo com o que foi pedido. (PEREIRA, 2018).

2.9.3 Processo executivo

Alguns elementos estruturais terão processos executivos diferenciados dependendo das partes da estrutura que serão montadas. Podemos citar as treliças de telhado ou que exercem alguma outra função, essas podem ser confeccionadas diretamente na empresa de serralheria. A treliça metálica é utilizada também quando os demais elementos construtivos não são metálicos. (PEREIRA, 2018).

Para a execução da montagem da estrutura metálica, é necessário efetuar a fixação dos elementos entre si e com a infraestrutura. Tendo em vista que, os demais elementos como estacas, vigas baldrames ou sapatas, estarão posicionados corretamente em seus lugares, para que possam servir de apoio para a estrutura a ser montada.

Para efetuar as ligações dos elementos das estruturas metálicas, será utilizado o processo de soldagem ou com os dispositivos de ligações tipo parafusos e porcas.

Nas estruturas metálicas não é necessário efetuar o cimbramento em vigas e pilares por um longo período, porém é necessário estabilizar os elementos para que possa ser efetuada as ligações da mesma em suas devidas posições. Para realizar a estabilização das vigas e pilares, utiliza-se equipamentos de içamento para auxiliar nessa atividade como as gruas, guindastes, ou caminhão mulk. (PEREIRA, 2018).

Figura 23 - Estrutura metálica utilizada para execução de prédios

Fonte: Pereira, 2019.

Para efetuar o içamentos dos elementos estruturais com os equipamentos descritos acima, é necessário utilizar mão de obra qualificada, ou empresa especializada na execução desse tipo de tarefa.

2.9.4 Vantagens da estrutura metálica

1. O aço permite que possamos projetar edificações com vãos maiores devido ao módulo de elasticidade do material, permitindo utilizar melhor o espaço do ambiente projetado, diminuindo o esforço sobre as fundações e gerando economia no empreendimento. Os perfis utilizados na execução das estruturas metálicas, são produzidos em indústria, onde possuem um controle de qualidade padronizado, garantindo maior confiabilidade e qualidade nas peças fabricadas, comparado com o método convencional de concreto armado produzido in loco; (PEREIRA, 2018).
2. Fabricação dos elementos estruturais com precisão milimétrica, obtendo um alto controle de qualidade do produto; (PINHEIRO, 2005).
3. Como a estrutura metálica permite um acabamento mais uniforme, é possível executar estruturas com partes aparentes, sem comprometer a parte estética na edificação; (PEREIRA, 2018).

4. Como a maior parte dos elementos é confeccionada em indústrias, evita as movimentações de peças dentro do canteiro das obras, tornando-o mais organizado, limpo e minimizando riscos de acidentes. Como qualquer indústria, a indústria do aço também gera impacto ambiental, porém o aço possui tecnologia de reciclagem consolidada. (PEREIRA, 2018).

2.9.5 Desvantagens da estrutura metálica

1. É necessário efetuar um tratamento superficial dos elementos metálicos, para evitar a oxidação das peças devido ao contato com oxigênio; (PINHEIRO, 2005).
2. É necessário obter maior cuidado com a estrutura metálica, em relação a exposição ao fogo, em função da dilatação térmica e perda de resistência do aço; (PEREIRA, 2018).
3. Para execução das estruturas metálicas, é necessário obter mão-de-obra e equipamentos especializados e qualificados; (PINHEIRO, 2005).
4. É possível que gere desconforto ao usuário, em função dos níveis de ruídos na edificação, gerado pelas vibrações na estrutura. (PEREIRA CAIO, 2018).

Como qualquer tipo de estrutura, as estruturas metálicas também possuem suas qualidades e suas deficiências, com isso fica a cargo do profissional habilitado a escolha do tipo de estrutura a utilizar.

2.10 DESENHO DE FABRICAÇÃO

Segundo NBR 8800 (2008), é de grande importância que os desenhos de fabricação traduzam detalhadamente toda informação necessária para a fabricação dos componentes estruturais, como por exemplo: especificações dos materiais utilizados, dimensionamento dos parafusos, processo de soldagem realizado, posição das peças e sequência de montagem dos elementos estruturais.

Com as informações devidamente descriminadas nos desenhos, torna a fabricação dos elementos mais ágil, confiável e evita a necessidade de retrabalho.

2.11 DESENHO DE MONTAGEM

No desenho de montagem é indispensável conter as dimensões principais da estrutura, dimensões de barras, marcas das peças, elevações das faces inferiores de placa de base e pilares, dimensões e detalhes para instalação dos chumbadores, tipo e dimensões dos parafusos, tipo de solda a ser realizada em campo, posições de montagem, indicar todos os elementos permanentes ou provisórios essenciais à integridade da estrutura e outras informações que possam facilitar a execução em campo. (NBR 8808, 2008).

2.12 DRYWALL

Segundo o autor Silva; Fortes (2009), o sistema *drywall* é considerado uma montagem construtiva de vedação vertical com significado na origem da palavra, *dry* significa seco e *wall* parede, então *drywall* é uma parede seca. São paredes internas, de características retas ou curvas, não estruturais de edifícios e não expostas a intempéries.

Existem mais de um tipo de parede seca, mas o sistema que ficou conhecido popularmente no Brasil por *drywall* é o composto por chapas de gesso acartonado, pré-fabricadas a partir da gipsita natural, fixadas em uma estrutura metálica leve em perfis de aço galvanizado e distanciados ao longo de um plano vertical conforme medida do painel. São utilizadas lãs minerais, para proporcionar maior isolamento acústico e isolamento térmico ao ambiente, e placas de gesso acartonado, que irão ter o papel de revestimento na estrutura. (PEREIRA, 2018).

O acabamento é tão bom quanto o de alvenaria, permitindo pinturas e formatos criativos de decoração, gerando ganho de percepção valor ao cliente. Combinado com laje nervurada, permite criar edifícios com ótima flexibilidade arquitetônica, permitindo alterações de planta sem grandes problemas. Construção otimizada com menos mão de obra e desperdício de materiais envolvidos no canteiro de obras, gerando menos resíduos e o material demolido permite reaproveitamento. (PEREIRA, 2018).

Porem podemos dizer que o *drywall* tem alguns pontos negativos. Por ser um método ainda novo no Brasil, o preconceito por parte dos clientes ainda é grande. Não é produzida por mão de obra abundante e, sim, especializada, podendo encarecer o custo da obra. O comportamento à umidade depende da escolha da placa e de distanciamento das extremidades com as lajes de piso e cobertura, sendo um dos itens mais críticos, principalmente para as placas comuns.

O usuário precisa ter bem claro, inclusive no manual do proprietário, que não deve jogar nada ou bater nas paredes, pois tem ruptura frágil. Objetos fixos à parede como quadros, nichos e painéis, devem ficar tão próximos quanto possível dos reforços (outro item a considerar no manual do proprietário). Exigem a presença de juntas de dilatação bem produzidas na interface com as lajes, pois a variação dimensional por conta de dilatação térmica é diferente do concreto. (PEREIRA, 2018).

Comparado com países como Estados Unidos e Japão, o mercado de *drywall* no Brasil é considerado iniciante. Embora nesses lugares este sistema já ser bastante difundido há anos, no Brasil, o mesmo, só começou a se materializar com a instalação das indústrias multinacionais do setor, em meados da década de 1990. (FARIA, 2008).

O *drywall* emergiu para substituir as vedações internas convencionais das edificações, embasando-se em chapas de gesso aparafusadas em estruturas de perfis de aço galvanizado. essa estrutura se divide em guias e montantes, que possuem um perfil em forma de “U”. As guias são utilizadas na horizontal, sendo que uma é afixada na parte superior do pavimento e a outra no piso, atuando assim como uma guia da estrutura; os montantes são fixados dentro das guias, ficando assim na vertical, deixando um espaçamento máximo de 60 cm entre si. (FARIA, 2008).

Figura 24- Paredes internas em drywall

Fonte: (HINGER,2015)

Deste modo, sendo um processo mais rápido que o tradicional. Ele consiste em paredes de gesso com espessuras menores do que as de alvenaria, resultando em paredes com peso próprio bem menor.

2.12.1 Normas técnicas relacionadas ao projeto e execução de drywall

A Associação Brasileira de Normas Técnicas disciplina por meio de normas tanto os insumos utilizados na execução do drywall, como na etapa de projetos.

- NBR 15758-1/2009 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes.
- NBR 15758-2/2009 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 2: Requisitos para sistemas usados como forros.
- NBR 15758-3/2009 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimentos

2.13 MÉTODOS DE ORÇAMENTOS E PLANEJAMENTOS TRADICIONAIS

Para a construção civil é muito importante e indispensável o planejamento para a obra. Dentre os métodos mais utilizados, destacamos o SINAPI, o qual possui uma tabela de orçamentos mantida pela Caixa Econômica Federal, e pelo IBGE, que informa os custos e índices da Construção Civil no Brasil. O SINAPI tem como significado as siglas para Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

Os dados coletados como preços de insumos e custos de composição são aferidos pelo IBGE, que realiza a veracidade dos dados e a formação dos índices, e disponibilizados pela Caixa, que verifica a especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência. (IBGE,2019).

A aplicação dos dados recebidos desse método é obrigatória para o planejamento de orçamentos de obras públicas e particulares, sempre em sua versão mais atualizada. Sua atualização é mensal e corresponde ao custo do metro quadrado na construção civil incluindo mão de obra, equipamentos e materiais. A ferramenta SINAPI, tem como componente as tabelas de preços de insumos e mão-de-obra ou como tabela de composições unitárias. (PEREIRA, 2019).

A tabela relacionada à insumos e mão-de-obra, fornece preços de materiais e mão de obra com atualização mensal para todas as capitais do país. Sendo assim, o mais adequado é utilizar os dados da capital do estado onde será construída, mesmo que possa haver distorções pelo fator local.

Já a aplicação da tabela SINAPI de composições analíticas individualizadas, também faz parte do orçamento de obras públicas. Diferentemente dos preços, não há a necessidade de escolher essas composições levando em conta o local. Deve-se, apenas, considerar a tabela mais atualizada. (IBGE,2019).

Outro método a ser abordado é a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), a qual se tornou uma referência nos orçamentos de obras no Brasil. Além de ser uma iniciativa da editora Pini, que recruta dados através de empresas brasileiras, sendo uma opção para quem quer elaborar orçamentos de construção civil no ramo privado, sem histórico empresarial próprio. Em comparação com a tabela do SINAPI, este método tem como a utilização obrigatória no meio de construção civil pública. Para que os dados se tornassem fidedignos, foi criado um banco de dados, financiado pela Caixa Econômica Federal realizada pela USP. (PEREIRA,2018).

Desta forma, estas ferramentas, que permitem gerenciar essas composições e insumos, contribui para uma melhor gestão da obra pública ou privada.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo realizado é caracterizado abordagem quantitativa de nível exploratório e procedimento comparativo. As pesquisas exploratórias, permitem o aprofundamento dos envolvidos no tema estudado. Para Gil (1999, p. 43), são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral de tipo aproximativo acerca de determinado fato. Esse tipo de pesquisa também podemos considerar como uma abordagem qualitativa.

A abordagem qualitativa é flexível, por isso, pode ser redefinida em seu percurso sempre que necessário, além de possibilitar o envolvimento do pesquisador com o objeto investigado.

> [...] se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto, se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada. (ARAÚJO E OLIVEIRA, 1997, p. 11).

Simultaneamente, possibilita a identificação dos motivos que determinaram a ocorrência de um fenômeno ou contribuíram para tanto. Este tipo de estudo, pretende se afastar das formas tradicionais positivistas e elevar os envolvidos para o patamar interpretativos, ausente nas estratégias até então utilizadas de construção do conhecimento.

O comparativo realizado entre métodos construtivos, exigiu uma intensa investigação bibliográfica que, num olhar inicial, pode não ensejar uma abordagem qualitativa. Porém, a própria flexibilização deste tipo de investigação para o método, permite a busca, a criatividade e imaginação do investigador, apresentando claramente o enfoque. Ao mesmo tempo, cabe lembrar que, apesar de qualitativa, a utilização de dados, percentuais e números fazem parte da estrutura de pesquisa.

> A pesquisa bibliográfica é meio de formação por excelência. Como trabalho científico original, constitui a pesquisa propriamente dita na área das Ciências Humanas. Como resumo de assunto, constitui geralmente o primeiro passo de qualquer pesquisa científica. (CERVO E BERVIAN, 1996, p. 48).

Através da pesquisa bibliográfica, o investigador entra em contato direto com tudo o que foi publicado, dito ou de alguma outra forma registrado sobre determinado assunto. Esse fato permitiu que os dados fossem obtidos de livros, revistas científicas, teses, relatórios científicos, projetos da construção civil e outros.

3.1.1 O estudo comparativo

É um tipo de método de procedimento que busca promover a construção do conhecimento a partir do exame simultâneo das semelhanças e diferenças entre os objetos que se quer conhecer. Entretanto, cabe lembar que, a mera busca de diferenças e semelhanças não é mais que uma operação mental de um primeiro nível muito simples e que não permite concluir nada em matéria de racionamento. A pesquisa realizada pode ser traduzida pela preocupação, para que todos os detalhes dos métodos construtivos fossem comparados rigorosamente para que se pudesse responder à pergunta de pesquisa. A comparação de uma maneira geral, consiste em coletar os problemas a serem investigados, para que possam comprovar a legetimidade das soluções. Contudo, não nasce simplesmente dos fatos, implica uma prévia sistematização e o estabelecimento de uma teoria que o apoie (LAHORE,2008).

Para a pesquisa, foram coletados dados da empresa responsável pela construção e administração de quatro casas geminadas pelo método em concreto armado com alvenaria. A empresa dispõe de dados como: custo monetário, tempo das etapas realizadas, materiais utilizados, número de profissionais de mão de obra, quantidade de entulho gerado, perdas de materiais e relatório de condições climáticas para as etapas de fundações, estrutura e painéis de vedação.

Com o objetivo de fazer um estudo comparativo, foi feito um orçamento com uma empresa especializada de Tubarão – SC no método de estrutura metálica com vedação em drywall, para que possamos verificar do ponto de vista técnico/ financeiro se é ou não viável utilizar este método em residencias de até 2 pavimentos.

3.2 COLETA DOS DADOS

Para que seja possível realizar a comparação desejada é necessário, e de suma importância, que seja feito com qualidade o levantamento dos dados necessários para comparação. Com isso, foi obtido o orçamento detalhado em estrutura de concreto armado com alvenaria, pela empresa responsável pela execução do residencial em questão , e um orçamento detalhado com uma empresa especializada em estrutura metálicas. Para, em seguida, realizar o levantamento da estrutura metálica, possibilitando realizar o comparativo dos sistemas construtivos.

A empresa “A”, responsável pela construção do residencial utilizando o método de concreto armado e alvenaria, forneceu os dados reais executados na construção do residencial,

pois o residencial em questão já se encontra finalizado, com isso, aumenta a confiabilidade do estudo. Já, a empresa “B” realizou um orçamento baseado em seu método construtivo de estrutura metálica com drywall, utilizando o mesmo projeto fornecida pela empresa “A”.

Para melhor compreensão do estudo em questão, as etapas de construção foram divididas. Com isso, pôde-se elencar os fatores que tiveram maior representatividade no custo da construção e no custo da etapa em questão. As etapas ficaram divididas em:

- Fundação;
- Estrutura;
- Vedações;
- Impermeabilizações;
- Cobertura.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Com a devida coleta dos dados, será descrito do ponto de vista técnico, os métodos construtivos utilizados para realizar as etapas de fundação, estrutura, vedações, impermeabilizações e cobertura. Após o detalhamento dos materiais/métodos das etapas, será realizada a comparação e discussão dos resultados do ponto de vista técnico/financeiro o método mais viável para execução das estruturas de casas geminadas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão identificados os principais materiais utilizados e os métodos realizados para execução de cada etapa.

4.1 FUNDAÇÃO

Pelo método construtivo de concreto armado e alvenaria, a empresa A optou por realizar a fundação do tipo rasa, utilizando o método de sapatas.

Para realização do baldrame, foram executadas sapatas quadradas com pilares de arranque e vigas baldrames, onde os materiais mais utilizados foram: o concreto e o aço.

Como a estrutura metálica em questão é mais leve que a estrutura de concreto, por opção da empresa especialilizada em construção modular, foi utilizado o mesmo processo de fundação para o orçamento da estrutura metálica.

4.2 ESTRUTURA

Para etapa da estrutura pelo método construtivo de concreto armado com alvenaria, após a viga baldrame foi locada a laje térreo, sendo ela pré-moldada com utilização de vigotas e tavelas. Logo depois, foi colocada a armação sobre a laje, onde foi utilizada a malha soldada 2,45 x 6,00 de 5mm com espaçamento de 15cm, e, em seguida, foi concretada utilizando o concreto de 25MPa com pedrisco e aditivo retardante para evitar possíveis fissuras.

Após a concretagem da laje, foi dado início a fôrma e ferragem dos pilares do térreo. Após a cura ideal do concreto da laje foram concretados os pilares.

As vigas pavimento tipo e laje pavimento tipo foram executadas simultaneamente, sendo dividido em etapas: fôrmas, ferragens e concretagem.

Para a etapa pilares pavimento tipo, vigas pavimento cobertura e laje pavimento cobertura, se repetiu o mesmo procedimento da laje térreo para o pavimento cobertura.

Enfim, após a concretagem da laje pavimento cobertura, foi executado os pilares, viga e a laje da caixa d’agua, assim finalizando toda a estrutura (o esqueleto) das casas.

Com o objetivo de regularizar, dar o caimento necessário e facilitar o assentamento de piso cerâmico, foi executado o contrapiso em todas as lajes existentes.

No método de estrutura metálica após a execução do baldrame, o processo inicial consiste em efetuar um tratamento no aço utilizado antes de montar a estrutura da edificação,

esse tratamento é necessário para evitar corrosão na estrutura metálica.

Para iniciar a execução da estrutura metálica, foi realizado a montagem de um módulo utilizando metalon (tubo quadrado), com dimensão de 150 x 150 x 4,75 mm, sendo que este tem como função as vigas principais, secundárias e pilares da edificação. A junção do metalon é realizada através de soldagem, utilizando o processo MAG, que oferece maior produtividade.

As estruturas das paredes são realizadas com methalon de 40 x 40 x 1,25mm, sendo ela preparada para receber os painéis de vedação.

Nas aberturas é utilizado travessas de metalon de 100 x 100 x 3mm como reforço estrutural, fazendo a função das vergas e contravergas.

Após a montagem do módulo concluída, é realizado a pintura de toda estrutura, com tinta epóxi, com a finalidade de proteger o aço.

As estruturas do piso do térreo e do pavimento tipo, são realizada através de painéis master board com 40mm de espessura. Com isso, a estrutura já fica preparada para receber o acabamento com piso cerâmico.

4.3 VEDAÇÃO

Toda a etapa de vedação foi feita com tijolo cerâmico 11,5x14x24 de 9 furos. Entre as casas, para uma melhora acústica, foram colocados os tijolos na posição deitada.

Esta etapa foi realizada junto com a etapa dos pilares para evitar o serviço de encunhamento entre a alvenaria e o pavimento acima. Serviço no qual acontecem, geralmente, muitos problemas devido ao material utilizado erroneamente e uma mão de obra não tão qualificada.

Após a etapa de assentamento, todas as paredes foram revestidas com chapisco e reboco, tanto na parte interna como na parte externa. Já na estrutura metálica as vedações são divididas em painéis de fechamento e fechamento das paredes internas.

Para promover o conforto na estrutura, os painéis de fechamento da parte externa são feitos com painéis isoeste de 50 mm de espessura, onde proporcionam melhor qualidade termo acústica. No caso das divisórias dos ambientes/paredes internas é utilizado o método de drywall.

4.4 IMPERMEABILIZAÇÃO

Com o objetivo de não ter problemas com infiltrações, todas as vigas baldrames receberam um produto capaz de não deixar a água subir para as paredes, evitando transtornos futuros. Este item depende muito de quem aplica, da utilização do produto correto e da fiscalização de engenheiros, pois é uma etapa de extrema importância na obra.

No box dos banheiros, foi impermeabilizada a laje para sanar riscos de infiltrações. E, por último, a laje pavimento cobertura e as calhas, foram todas impermeabilizadas. Apesar de possuir a cobertura com telhas, as telhas podem ser quebradas e riscos podem surgir caso não haja uma impermeabilização e um caimento adequado.

Para a impermeabilização dos cantos de todo o perímetro do pavimento térreo na estrutura metálica, são utilizados os seguintes materiais em sequência: espuma expansiva, fita telada, selante PU 40 e, por último, aplicação de uma camada de impermeabilizante. No caso dos banheiros onde possuem chuveiros, toda a área de parede deve ser impermeabilizada.

4.5 COBERTURA

Toda a armação da cobertura foi feita de madeira tratada, realizada por profissionais da área e com todo o cuidado necessário. As telhas foram de fibrocimento de 8mm, minimizando o risco de quebra devido sua boa espessura.

Já para estrutura metálica, foi utilizado metalon de 80 x 80 x 3 mm para execução da armação, onde são apoiados os painéis termo acústicos isoestes no devido caimento para escoamento e direcionamento da água da chuva para as calhas de alumínio.

Apenas para o módulo cobertura é utilizado três camadas de revestimentos, sendo eles: gesso, OSB e painéis isoeste.

5 COMPARATIVO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo visamos comparar através de gráficos, o custo monetário e o tempo de execução em ambos os métodos construtivos referentes a fundação, o custo de mão de obra e materiais da estrutura e vedação.

Analisamos em forma de percentual o quanto estas etapas significaram no custo total da obra e efetuamos uma análise geral dos custos referentes a cada método construtivo. Vale lembrar que nas análises não foram contabilizados os valores referentes as taxas e impostos em ambos os métodos.

5.1 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

Neste tópico foi realizado os comparativos dos resultados obtidos, utilizando gráficos para melhor compreensão e análises dos resultados.

5.1.1 Custo total da obra

No gráfico 1, temos uma representação gráfica dos custos totais de ambos os métodos construtivos.

Gráfico 1 - Custo total da obra

Fonte: Autores, 2019

É de grande importância salientar que o custo da empresa A é um custo real, pois a obra já se encontra finalizada, enquanto a empresa B forneceu um orçamento utilizando o mesmo projeto da empresa A, porém com o método de estrutura metálica com drywall.

5.1.2 Fundação

Como foi adotado o mesmo tipo de fundação para os diferentes sistemas construtivos, foi obtido apenas uma diferença no que esta etapa representou no custo global da obra.

Para o método construtivo de concreto armado e alvenaria, a etapa fundação significou 3,02% do custo total obra. Já no método com estrutura metálica e drywall, a etapa fundação significou 1,74%.

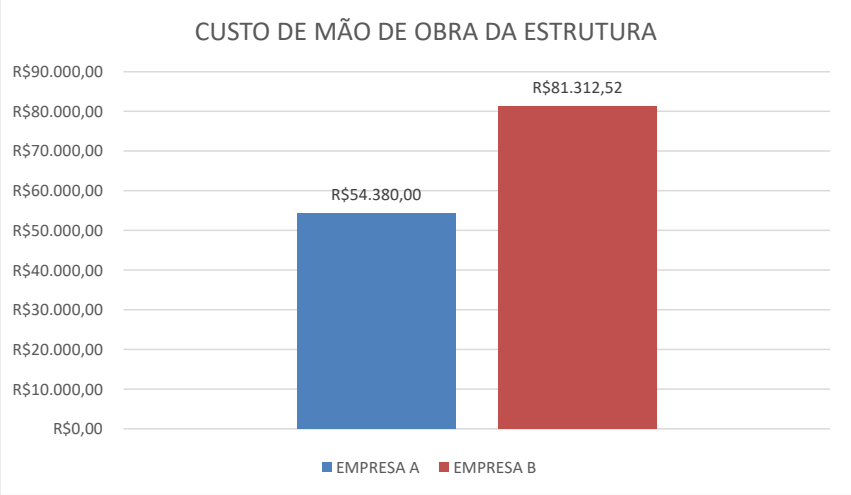
Com isso pode-se afirmar que a diferença dos percentuais da etapa fundação difere apenas pelo custo total de cada método construtivo.

5.1.3 Custo da mão de obra da estrutura e vedação

Para identificar o quanto representou o custo da mão de obra nas fases de estrutura e vedação, foi gerado gráficos representativos para ambos os métodos.

O gráfico 2, representa o custo monetário referente a etapa das estruturas, tanto em concreto armado, como em estrutura metálica.

Gráfico 2 - Custo de mão de obra da estrutura



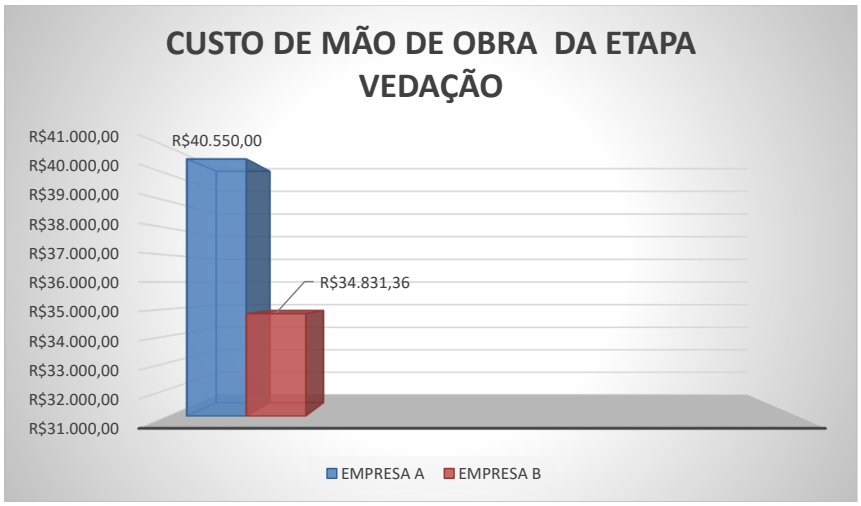
Fonte: Autores, 2019

Apesar da empresa A, especializada no método construtivo de estrutura em concreto armado, levar mais tempo para executar esta etapa e possuir um número superior de

funcionários do que a empresa especializada em estrutura metálica, ela ainda representa um custo inferior de aproximadamente 33% comparada a empresa B.

O gráfico 3, representa o custo monetário referente a fase de obra de vedação, tanto em alvenaria, como em drywall.

Gráfico 3 - Custo de mão de obra da etapa vedação



Fonte: Autores, 2019

Analisando o gráfico do custo da mão de obra na etapa vedação, a agilidade na montagem dos painéis para vedação dentro da fábrica, apresentou um custo de aproximadamente 14 % menor comparada com a mão de obra especializada em alvenaria dentro do canteiro de obra.

5.1.4 Custo dos materiais das estruturas e vedação

No gráfico 4 será representado os custos monetários dos materiais utilizados nas estruturas e vedações de ambos os métodos.

A empresa especializada em concreto armado com alvenaria possui como os principais materiais o concreto, o aço, o tijolo cerâmico e o cimento.

A empresa especializada em estrutura metálica com drywall, possui como seus principais materiais o metalon, o drywall, o painel OSB e o painel isoeste.

Gráfico 4 - Custo de material das etapas estrutura e vedação

Fonte: Autores, 2019

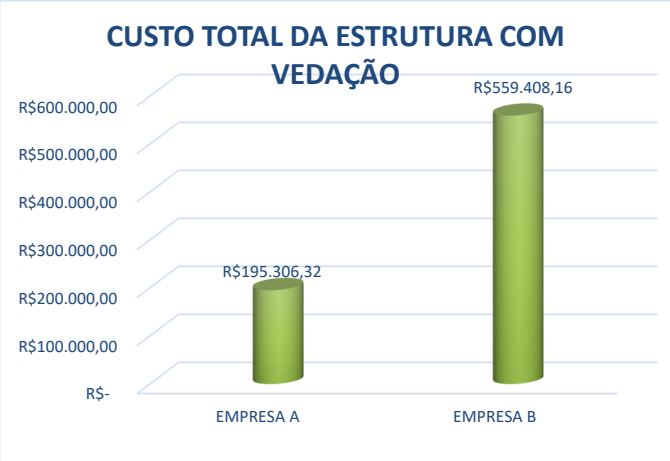
Analisando o gráfico acima, é correto afirmar que o custo dos materiais da empresa B, são relativamente mais elevados comparados aos da empresa A.

5.1.5 Somatório dos custos da mão de obra e dos materiais das estruturas e vedações

Neste tópico, foi realizada uma representação gráfica utilizando o somatório dos custos de mão de obra e materiais utilizados com intuito de verificar a real diferença do custo monetário e o percentual que estes itens representam no custo global, em ambos os métodos construtivos.

No gráfico 5, temos a representação dos custos monetários referente ao somatório de mão de obra e materiais em ambos os métodos.

Gráfico 5 - Custo total das estruturas com vedação

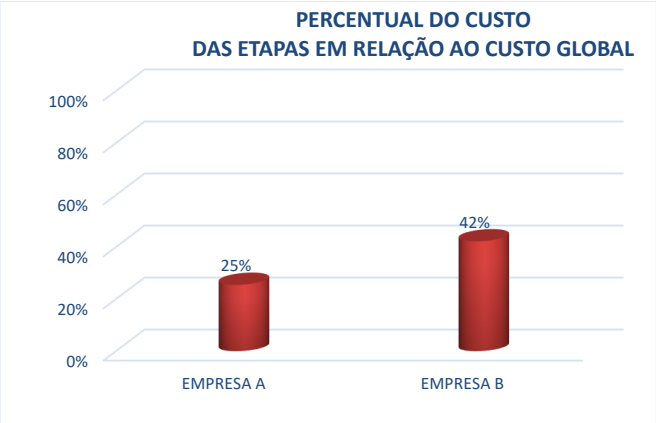


Fonte: Autores, 2019

No gráfico acima, observa-se que a diferença entre os métodos construtivos, torna o método em concreto armado com alvenaria R$ 364.101,84 mais barato em relação ao método com estrutura metálica com drywall.

No gráfico 6 abaixo, temos a representação dos custos em percentuais referente ao somatório de mão de obra e materiais em ambos os métodos.

Gráfico 6 - Percentual do custo das etapas estruturas/vedação em relação ao custo global



Fonte: Autores, 2019

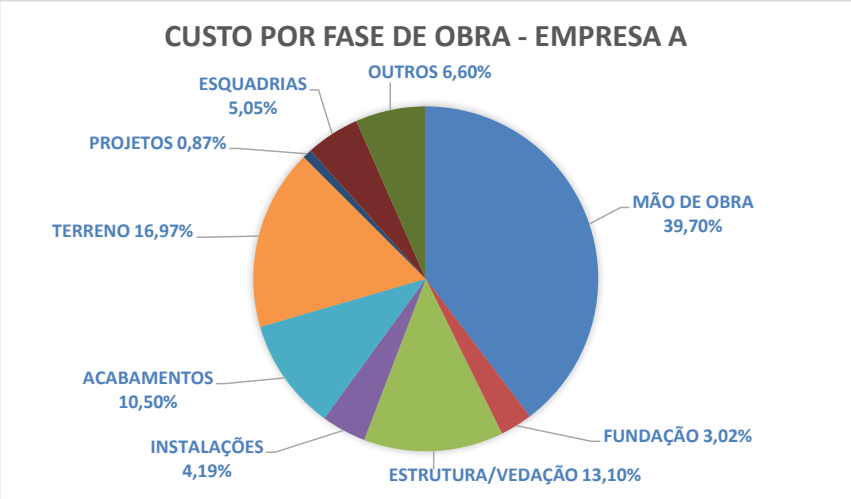
Analisando o gráfico acima, pode-se afirmar que pelo método construtivo concreto armado com alvenaria as etapas estrutura e vedação representam um custo de 25% da obra,

enquanto pelo método construtivo de estrutura metálica com drywall, representa 42% do custo total da obra.

5.1.6 Custo total por etapas

Foi representadas em percentuais o que as principais etapas influenciaram no custo global da obra. No gráfico 7, representa o percentual das principais fases de obra no método construtivo de concreto armado com alvenaria executado pela empresa A.

Gráfico 7- Custo por fase de obra - empresa

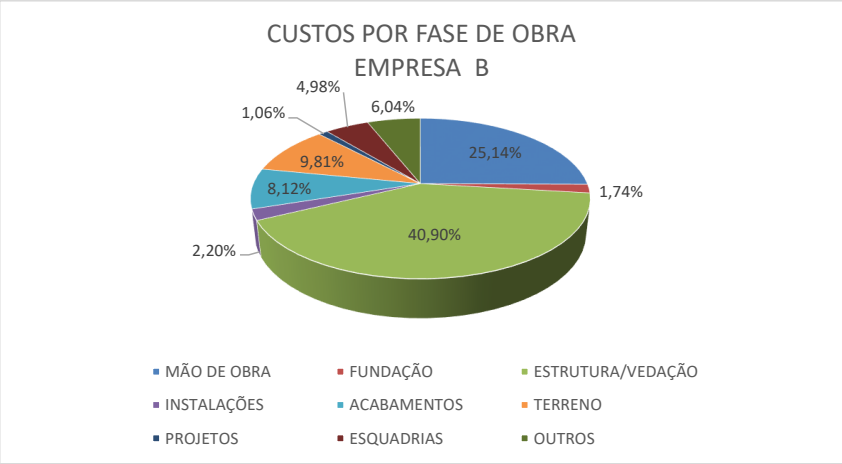


Fonte: Autores, 2019

Analisando o gráfico acima, pôde-se observar que a mão de obra com 39,70%, é o fator que gera um impacto maior no custo global da obra, seguido pelos materiais utilizados para execução da estrutura e vedação com 13,10%.

No gráfico 8, representa o percentual das principais fases de obra no método construtivo de estrutura metálica com drywall executado pela empresa B.

Gráfico 8 - Custo por fase de obra empresa B



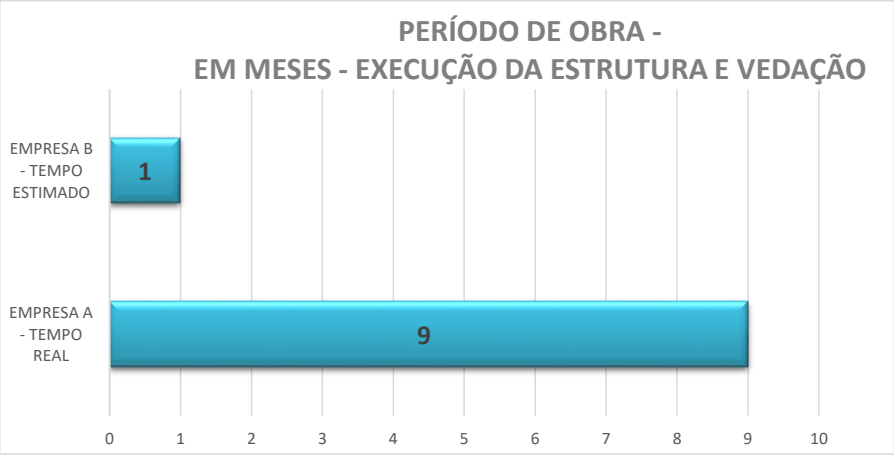
Fonte: Autores, 2019

Analisando o gráfico acima, pôde-se observar que a etapa estrutura/vedação representa 40,90% da obra, sendo este o fator de maior destaque, seguido pela mão de obra utilizada para execução de todas as fases da obra que representou 25,14%.

5.1.7 Tempo de execução

Neste capitulo foi realizada uma representação gráfica sobre o período de execução de ambos os métodos construtivos. No gráfico 9, foi representado o período em meses de ambos métodos construtivos.

Gráfico 9 - Período de execução



Fonte: Autores, 2019

Através dos dados obtidos pela empresa A, o período para finalizar as etapas de estrutura e vedação foram de 9 meses. Um dos motivos principais por elevar o tempo de execução, foram as condições climáticas desfavoráveis. Fases de obra como alvenaria e reboco, estão ligadas diretamente ao uma boa condição climática.

Já a empresa B estimou o tempo de obra em 1 mês para realizara as mesmas etapas, pois toda a parte de execução é realizada dentro da fábrica, não dependendo das condições climáticas.

5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A praticidade, a velocidade, a pouca geração de resíduos e a pouca quantidade de mão de obra no canteiro de obra que a estrutura metálica proporciona, são as principais vantagens desse método construtivo. Porém, em contratempo, o alto custo dos materiais e a parte da legislação modular, legislação na qual ainda apresenta grandes dificuldades para financiamento em bancos e aprovação junto aos órgãos competentes, são seus principais pontos negativos.

Analisando os resultados da pesquisa, conclui-se que apesar dos métodos construtivos apresentarem tempos diferentes, significativos para execução da estrutura com vedação, os valores de mão de obra não tiveram grandes impacto no custo global da obra.

O principal fator da diferença no custo total da obra é a disparidades de valores dos materiais utilizados pelos métodos construtivos.

Vale salientar que o referente estudo, foi realizado apenas levando em consideração a parte estrutural e o sistema de vedação da edificação nos diferentes métodos construtivos de uma residência. Com isso, pode-se dizer que é válido realizar um estudo considerando todas as etapas de execução de uma residência e realizar um estudo para avaliar a viabilidade de executar obras para o comércio utilizando os diferentes métodos construtivos.

6 CONCLUSÃO

Novos desafios vêm surgindo ao longo dos anos na construção civil, com isso a descoberta de novas tecnologias e novos métodos construtivos é primordial para acompanhar a evolução e suprir todas as necessidades que o mundo atual proporciona.

De acordo com as qualidades da utilização do concreto armado, este apresenta aspectos positivos e negativos das estruturas. Dependendo do tipo de finalidade da obra, as estruturas podem ser construídas em concreto, aço, madeira ou alvenaria estrutural. De acordo com o autor Marques 2011, a definição do material da estrutura depende da sua disponibilidade e de outros fatores.

Denomina-se estrutura metálica todo elemento estrutural fabricado inteiramente em material metálico, sendo que o material metálico mais comum utilizado é o aço carbono. Podemos utilizar estrutura metálica para efetuar diversos componentes estrutural como: vigas, pilares, terças, treliças de telhado, barrotes de mezaninos, pórticos, pergolados, dentre outros. (PEREIRA, 2018).

O método inovador de construção modular vem ganhando espaço dia a pós dia pela praticidade que o comércio e as indústrias exigem. Já o método tradicional, pela facilidade da obtenção dos materiais e o baixo custo da mão de obra. Comparado aos novos métodos, ainda se torna o método mais utilizado para construção de residências.

Esta pesquisa, teve como intuito comparar do ponto de vista técnico-financeiro qual o método mais viável para execução de uma estrutura com quatro casas geminadas, pelo método de concreto armado com alvenaria executado pela empresa A e estrutura metálica com drywall planejado pela empresa B.

Para início da pesquisa, foi contatada a empresa A, onde foram coletadas informações precisas dos custos de materiais, mão de obra e o tempo de execução das etapas, adquiridas durante a realização da edificação. Para fazer o estudo comparativo, foi contatada a empresa B, especializada em estruturas metálicas, para obter informações construtivas sobre a tecnologia e valores reais aproximados para verificar qual o método mais viável para a construção de uma residência.

No processo de execução de residências, o método construtivo de concreto armado e alvenaria ainda segue sendo o mais viável economicamente. Porém, se partir para o meio comercial, a estrutura metálica torna-se uma tecnologia atrativa, pois seu tempo de construção reduzido contribui para um retorno antecipado do investimento aplicado.

Como sugestão em trabalhos futuros, poderia ser feito um estudo com edificações comerciais ou industriais onde requer menos detalhes em acabamentos e a velocidade de execução pode ser um fator de maior influência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. ABNT, 2003, 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos**.** Rio de Janeiro. 2016.

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

HERINGER . Abigail Silva. **Análise de custos e viabilidade entre *drywall*e alvenaria convencional**. 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br> Acesso em: 03 jun. 2019.

HYPERTHERM. **Preparação da solda usando goivagem a plasma.** 2016. Disponível em:< https://www.hypertherm.com/pt/learn/case-studies/weld-preparation/?region=SART> Acesso em: 17 mai. 2019.

MARCON, Emmyle. **Cálculo de ligações em estrutura metálica: aplicações e recomendações normativas.** Disponível em: <https://www.abcem.org.br/construmetal /2012/arquivos/Cont-tecnicas/apresentacoes/17_CALCULO-DE-LIGACOES-EM-ESTRUTURA-METALICA.pdf > Acesso em: 17 mai. 2019.

MARQUES FILHO, J. **Concreto Massa e Compactado com Rolo**. In: ISAIA, G.C. (ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2011, v.2, p.1400-1447.

O Aço. Disponível em: <https://www.mundovestibular.com.br/articles/994/1/O-ACO/Paacutegina1.html> Acesso em: 02 jun. 2019

PEREIRA, Caio. **O que é a tabela SINAPI?.** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: https://www.escolaengenharia.com.br/sinapi/. Acesso em: 05 de Maio de 2019

PEREIRA, Caio. **Sapatas de fundação**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/. Acesso em: 05 de Maio de 2019

PEREIRA, Caio. Viga Baldrame: **O que é e como executar.** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: https://www.escolaengenharia.com.br/viga-baldrame/. Acesso em: 15 de abril de 2019.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas metálicas: cálculo, detalhes, exercícios e projetos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PINHO, Mauro O.; PINHO, Fernando O.; BELLEI, Ildony H. **Edifícios de múltiplos andares em aço.** São Paulo: Pini, 2004.

SÁNCHEZ, I. **Nova Normalização Brasileira Para Alvenaria Estrutural.** 1º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SANTOS, Arthur Ferreira. **Estrutura metálica: projeto e detalhes para fabricação**. McGraw-Hill do Brasil, 1977.

SILVA, Lívia Cristine Souza e; FORTES, Adriano Silva; VASCONCELOS, A.C. O. **A utilização do *Drywall* como concreto no Brasil**. Recordes, Realizações, História. São Paulo, Ed. Pini, 2a ed., v.1, 1985, 277p.

SILVA. **A utilização do drywall como método de redução de cargas e custos em estruturas de concreto armado**. Salvador, 2009. Artigo apresentado ao curso de graduação da Universidade Católica do Salvador.

VASCONCELLOS, Alexandre Luiz. **Ligações em estruturas metálicas. Volume 1 / Instituto Aço Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil /CBCA, 2011.

VIANA, Saulo Augusto de Oliveira. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e *Drywall*Associado ao Painel Monolite EPS.** Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.