

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NICOLLE DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESTRUTURAL COMPARANDO A APLICAÇÃO DA
ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E *DRYWALL* COMO
SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE UMA
EDIFICAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2016

NICOLLE DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESTRUTURAL COMPARANDO A APLICAÇÃO DA
ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E DO *DRYWALL* COMO
SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, com requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias

PATO BRANCO

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE ESTRUTURAL COMPARANDO A APLICAÇÃO DA ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E DRYWALL COMO SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE UMA EDIFICAÇÃO

NICOLLE DE OLIVEIRA

No dia 23 de junho de 2016, às 10h20min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 12-TCC/2016.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC/UTFPR-PB)

Coorientador: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. DIOGO ROSSETTO (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, pelo apoio sempre presente e por me ajudarem a concluir essa etapa tão importante da minha vida. Também quero agradecer a minhas irmãs por estarem sempre ao meu lado, muitas vezes me dando forças e mostrando que não importa o que aconteça, estaremos juntas para sempre.

Ao meu namorado Ricardo, que foi fundamental para a elaboração desse trabalho, quero agradecer pela paciência, dedicação e amor. Esse período não foi fácil e ter ele ao meu lado fez toda a diferença.

A engenharia Karina Antonello, gostaria de agradecer por toda a ajuda e conhecimento transmitido.

Agradeço ao escritório Plana Engenharia de Estruturas e a arquiteta Veridiana Negris por disponibilizarem o projeto estudado.

A engenheira Andréia Farenzena agradeço por todo o suporte prestado e pela paciência diante de tantas perguntas.

Quero agradecer também o meu orientador professor Dr. José Ilo e coorientador professor Dr. Gustavo, por aceitarem fazer parte desta etapa da minha vida acadêmica, proporcionando todo o suporte necessário para que esse trabalho fosse elaborado.

A minha banca, professores Dr. Volmir e Msc. Diogo, agradeço as sugestões para complementar o estudo efetuado.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

RESUMO

OLIVEIRA, Nicolle de. **Análise Estrutural Comparando a Aplicação da Alvenaria de Blocos Cerâmicos e do *Drywall* como Sistemas de Vedação Vertical Interna de uma edificação.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Este trabalho apresenta uma análise da influência da escolha entre dois sistemas de vedação vertical interna, a alvenaria de blocos cerâmicos e o *drywall*, na estrutura de uma mesma edificação. Inicialmente foi realizado a caracterização dos sistemas, apontando seus componentes, modos de execução, vantagens e desvantagens de cada um. No presente estudo foi adotado o projeto arquitetônico de um edifício de cinco pavimentos para a análise estrutural. O lançamento e pré-dimensionamento da estrutura teve como base o projeto estrutural executado da edificação. Com esses dados e a adoção de certas considerações, foi gerado dois projetos estruturais, sendo a única diferença entre eles, o carregamento de determinadas paredes de vedação interna. A elaboração dos projetos teve o auxílio do *software* de cálculo estrutural Eberick. Observando os esforços gerados e as armaduras necessárias para cada caso, buscou-se verificar a real interferência da mudança dessas cargas nos elementos estruturais calculados. Como resultado, obteve-se a redução das taxas de armaduras na estrutura com a utilização do sistema *drywall* e o impacto desta diminuição no custo total da estrutura.

Palavras-chave: Análise estrutural. Alvenaria de blocos cerâmicos. *Drywall*. Taxa de armadura.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Nicolle de. **Structural Analysis Comparing the Application of Masonry and *Drywall* as Internal Vertical Sealing Systems**. 2016. Monograph – Civil Engineering – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

This paper presents an analysis of the influence of choosing between masonry and *drywall*, as internal vertical sealing systems, in the structure of the same building. At first, the characterization of the systems was made, pointing out its components, execution methods, and advantages and disadvantages of each one. The structural analysis was based on a five-story building. The preliminary design and pre-dimensioning was founded on the executed structure design. Using this data and certain inputs, it was created two structural designs, being some of the internal wall's weight the only difference between them. The *software* Eberick was used as a tool for the development of the designs. Considering the obtained strengths and reinforcement bars needed for each case, it was aimed to check the actual interference of switching those loads on the calculated elements. As a result, the reinforcement ratios on the structure were diminished when using the *drywall* system, and it led to a cheaper structure.

Keywords: Structural Analysis. Masonry. Drywall. Reinforcement ratios.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Vedação Vertical Interna	19
Tabela 2 - Classificação da argamassa segundo sua função	24
Tabela 3 - Características geométricas das chapas de gesso	33
Tabela 4 - Características físicas da chapa de gesso	34
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da Alvenaria em Blocos Cerâmicos.....	47
Tabela 6 - Vantagens e Desvantagens do Sistema <i>Drywall</i>	47
Tabela 7 - Coeficiente Gama Z - Projeto de Alvenaria	63
Tabela 8 - Coeficiente Gama Z - Projeto de <i>Drywall</i>	63
Tabela 9 - Valores de flechas nas Lajes (cm)	65
Tabela 10 - Armadura das Lajes L1 e L6	65
Tabela 11 - Quantitativo de materiais.....	77
Tabela 12 - Custo do concreto na cidade de Pato Branco - PR.....	77
Tabela 13 - Custos de barras de aço em Pato Branco - PR	78
Tabela 14 - Estimativa orçamentária de aço - Projeto com alvenaria	78
Tabela 15 - Estimativa orçamentária de aço - Projeto com <i>drywall</i>	78
Tabela 16 - Custos do concreto para cada projeto.....	79
Tabela 17 - Custos totais obtidos para cada projeto	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blocos cerâmicos	21
Figura 2 - Dimensões de fabricação de blocos de vedação	22
Figura 3 - Requisitos para blocos cerâmicos de vedação	23
Figura 4 - Exemplos de blocos cerâmicos.....	23
Figura 5 - Argamassa de Assentamento	25
Figura 6 - Colocação de Blocos Cerâmicos	28
Figura 7 - Tipos de Juntas.....	28
Figura 8 - Marcação da primeira fiada.....	29
Figura 9 - Encunhamento	30
Figura 10 - Sistema <i>Drywall</i>	32
Figura 11 - Tipos de borda da chapa de gesso	33
Figura 12 - Tipos de chapas de gesso	35
Figura 13 - Tipos de perfis para estrutura de <i>Drywall</i>	36
Figura 14 - Tipos de parafusos - cabeça	37
Figura 15 - Tipos de parafusos - ponta	37
Figura 16 - Tipos de parafusos empregados no sistema <i>drywall</i>	38
Figura 17 - Acessório para <i>Drywall</i>	39
Figura 18 - Componentes adotados no sistema <i>drywall</i>	40
Figura 19 - Modo de execução do sistema <i>drywall</i>	41
Figura 20 - Fixação das guias	42
Figura 21 - Colocação de montantes	43
Figura 22 - Fixação da primeira face da divisória	44
Figura 23 - Fechamento das paredes com placas de gesso	45
Figura 24 - Abertura de vão de porta	45
Figura 25 - Vantagens do <i>drywall</i> comparado a alvenaria	48
Figura 26 - Fluxograma da sequência do estudo	55
Figura 27 - Perspectiva da edificação	56
Figura 28 - Projeto Arquitetônico do Pavimento Tipo	57
Figura 29 - Corte da Estrutura.....	58
Figura 30 - Estrutura da Edificação	59
Figura 31 - Pavimento tipo da edificação	61
Figura 32 - Localização das lajes L1 e L6	64
Figura 33 - Localização da Viga 07 na edificação	66
Figura 34 - Carregamentos da V07 no projeto com Alvenaria.....	67
Figura 35 - Carregamentos da V07 no projeto com <i>Drywall</i>	67
Figura 36 - Esforços cortantes da V07 no projeto com Alvenaria.....	68
Figura 37 - Esforços cortantes da V07 no projeto com <i>Drywall</i>	68
Figura 38 - Esforços gerados pelas combinações de ações	69
Figura 39 - Momentos fletores da V07 no projeto com Alvenaria.....	69
Figura 40 - Momentos fletores da V07 no projeto com <i>Drywall</i>	70
Figura 41 - Relação e resumo de aço da V07 – Projeto com Alvenaria	70
Figura 42 - Relação e resumo de aço da V07 – Projeto com <i>Drywall</i>	70
Figura 43 - Localização da Viga 29 na edificação	71
Figura 44 - Carregamentos da V29 no projeto com Alvenaria.....	72
Figura 45 - Carregamentos da V29 no projeto com <i>Drywall</i>	72
Figura 46 - Esforços cortantes da V29 no projeto com Alvenaria.....	73
Figura 47 - Esforços cortantes da V29 no projeto com <i>Drywall</i>	73
Figura 48 - Momentos fletores da V29 no projeto com Alvenaria.....	74

Figura 49 - Momentos fletores da V29 no projeto com <i>Drywall</i>	74
Figura 50 - Relação e resumo de aço da V29 – Projeto com Alvenaria	75
Figura 51 - Relação e resumo de aço da V29 – Projeto com <i>Drywall</i>	75
Figura 52 - Resumo do aço P16 - Projeto com alvenaria.....	76
Figura 53 - Resumo do aço P16 - Projeto com drywall	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - PIB Brasil X PIB Construção Civil	15
Gráfico 2 - Consumo de m ² de Chapas de Gesso para <i>Drywall</i> por habitante/ano ...	31
Gráfico 3 - Consumo de chapas de gesso para <i>drywall</i> em milhões de m ²	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	VEDAÇÃO VERTICAL	17
2.1.1	Vedação Vertical Interna	18
2.2	Alvenaria em blocos cerâmicos	20
2.2.1	Blocos cerâmicos	20
2.2.2	Argamassa	23
2.2.3	Características da alvenaria de blocos cerâmicos adotada em projeto	26
2.2.4	Modo de execução	27
2.3	<i>DRYWALL</i>	30
2.3.1	Chapas de Gesso	33
2.3.2	Perfis de aço para estrutura	35
2.3.3	Elementos de fixação	36
2.3.4	Massas para juntas e colagem	38
2.3.5	Fitas	39
2.3.6	Acessórios	39
2.3.7	Lã mineral	39
2.3.8	Características do sistema <i>drywall</i> adotadas em projeto	40
2.3.9	Modo de Execução	41
2.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA SISTEMA	47
2.5	PROJETO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO	48
2.5.1	Projeto arquitetônico	49
2.5.2	Lançamento da estrutura	49
2.5.3	Pré-dimensionamento	50
2.5.4	Normas Técnicas	51
2.5.5	Estabilidade Global	52
2.5.6	Análise estrutural	52
2.5.7	Dimensionamento da estrutura	54
2.5.8	Detalhamento da estrutura	54
3	MATERIAIS E MÉTODOS	55
3.1	OBTENÇÃO E ANÁLISE DO PROJETO	56
3.2	Cálculo estrutural utilizando o <i>software</i> eberick	58
3.3	Análise e comparações entre os projetos obtidos	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1	ESTABILIDADE GLOBAL	63
4.2	LAJES	64
4.3	VIGAS	66
4.4	PILARES	75
4.5	ESTRUTURA DA EDIFICAÇÃO	76
4.6	ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE	86

1 INTRODUÇÃO

A amplitude do mercado da construção civil possibilita a criação de novos produtos e tecnologias a todo o momento. Essa busca constante por diferentes soluções possibilita o desenvolvimento de vários materiais, muitas vezes oriundos de distintas matérias-primas, que possuem uma mesma função, mas com características diversas. A procura pela utilização de diferentes recursos na elaboração de novos produtos dentro da construção civil tem várias causas, mas é impossível negar que um dos fatores com maior significância e que de acordo com dados do Conselho Internacional da Construção (CIB) esse é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais, além utilizar energia de forma intensiva gerando assim, consideráveis impactos ambientais (LIMA, 2014).

Considerando o cenário nacional, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA (2012) afirma que cerca de 50% a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos são resíduos oriundos do setor de construção. Por esse e outros motivos, a todo momento é procurado formas de diminuir o índice de resíduos gerados. Por outro lado, mesmo com tantas novas tecnologias, muitas vezes a cultura e a segurança de manter processos construtivos sem grandes modificações impedem que novos materiais sejam empregados em grande escala.

A alvenaria é um claro exemplo da insistência na adoção de um processo construtivo antigo e que possui muitos aspectos a serem melhorados. De acordo com Sousa (2002), evidências da criação de blocos cerâmicos para o uso na construção apareceram na história há 4.000 A.C.. Inicialmente moldado à mão, esse material possibilitou a criação de grandes obras, sendo assim uma importante etapa do desenvolvimento da humanidade. Obviamente que com o passar dos anos houve muitos avanços no processo de fabricação e utilização do bloco cerâmico, mas com o tempo e buscando a diminuição de resíduos sólidos na área da construção, seu emprego na maioria das obras, muitas vezes coloca em questão a capacidade brasileira perante mudanças.

Em países da Europa, Estados Unidos, Japão e Austrália por exemplo, outras tecnologias utilizando diferentes recursos foram criadas e empregadas. Entre elas temos o *steel frame*, *wood frame* e o *drywall*, conhecido no Brasil como gesso acartonado. Em 1898, nos Estados Unidos, Augustine Sackett criou a 'chapa *drywall*', um produto que revolucionaria a construção civil. Com os anos esse material passou

por várias alterações e devido a sua resistência ao fogo e sua rápida instalação, foi amplamente utilizado na I Guerra mundial (SILVA, 2012). E finalmente, de acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*, em meados de 1990, o sistema *drywall* chegou ao país.

Por ser um produto relativamente novo no mercado brasileiro, o gesso acartonado ainda apresenta um valor elevado, quando comparado a alvenaria de bloco cerâmico. Sendo assim, o presente trabalho irá contrastar esses dois tipos de vedação vertical interna, analisando não só as vantagens e desvantagens de cada um, mas também a estrutura necessária em uma edificação no emprego de cada um.

Esse estudo apresentará as seguintes etapas: (i) caracterização dos dois sistemas de vedação vertical interna, a alvenaria de bloco cerâmico e o *drywall*, (ii) análise estrutural de uma mesma edificação empregado os dois tipos de vedação, (iii) comparação das estruturas obtidas e (iv) estimativa orçamentária para cada situação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a solução estrutural de um edifício com diferentes sistemas de vedação vertical interna, a alvenaria de blocos cerâmicos e o *drywall*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as diferenças estruturais resultantes da substituição de alvenaria de bloco cerâmico por *drywall* como sistema de vedação interno;
- Identificar o impacto orçamentário na estrutura com base na utilização de alvenaria de bloco cerâmico e *drywall* na vedação interna de uma mesma edificação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos dois anos o Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil sofreu uma considerável diminuição. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), esse índice registou em 2015 a maior queda nos últimos 12 anos. Essa situação pode ser visualizada através do Gráfico 1.

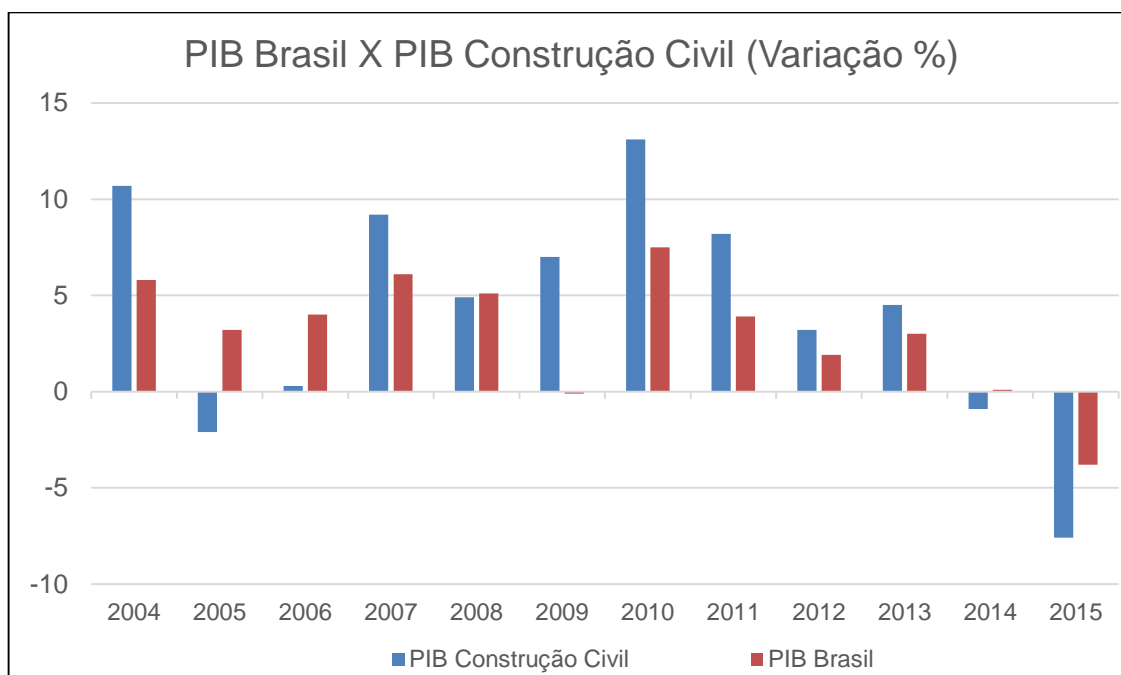


Gráfico 1 - PIB Brasil X PIB Construção Civil

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

Diante deste cenário, uma das soluções para manter a prosperidade da empresa é se destacar no ambiente competitivo para atrair clientes pela redução de prazos e preços sem perda da qualidade. E diante dessa expectativa, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2001) elaborou um estudo com 70.000 empresas que mostrou que os ganhos de competitividade são a principal motivação das empresas para inovar.

Ao considerar o setor de construção civil no Brasil, percebe-se certo receio em relação a implantação de inovações, e mesmo o sistema *drywall* sendo utilizado há aproximadamente 20 anos, existem ainda muitas dúvidas. A importância desse trabalho está relacionada a explicar as diferenças entre a alvenaria de blocos cerâmicos, um dos métodos construtivos mais utilizados no país, e o sistema utilizando gesso acartonado, destacando as consequências de suas utilizações não

só no aspecto em relação a vedação, mas também trazendo contribuições relacionadas ao impacto na trama estrutural dos edifícios causadas pelo emprego de cada um.

Analisar o impacto estrutural resultante da utilização de dois tipos de vedações verticais internas, com pesos específicos de diferença considerável pode mostrar que muitas características significativas serão alteradas. O grau dessas alterações não é algo muito conhecido, sendo assim o presente irá trazer subsídios para a avaliação do quanto o sistema escolhido pode afetar os componentes estruturais da edificação e suas configurações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VEDAÇÃO VERTICAL

Segundo a NBR 15575-4 da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT, 2013) o sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) pode ser definido como partes de uma edificação que a limitam verticalmente e dividem seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias.

A vedação vertical é o subsistema que, de acordo com Franco (1998), tem como principal objetivo compartimentar a edificação possibilitando aos ambientes as características necessárias para o desenvolvimento de atividades para as quais eles foram projetados. Para atender as exigências tanto do usuário quanto da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) o SVVIE deve seguir os seguintes requisitos:

- desempenho Estrutural: o sistema deve ser estável, com limitados deslocamentos e fissurações, além de resistir a solicitações das cargas projetadas e impactos descritos na norma;
- segurança contra incêndio: a vedação deve atender os critérios das normas vigentes, como dificultar a propagação de incêndio e a ocorrência de uma inflamação generalizada;
- segurança no uso e operação: a edificação deve ser um ambiente seguro para o usuário seguindo as considerações feitas em projeto;
- estanqueidade: o SVVIE deve ser estanque a água proveniente da chuva e de outras fontes;
- desempenho térmico: é necessário atender as taxas mínimas de ventilação e sombreamento;
- desempenho acústico: tanto a vedação externa quanto a interna precisam ser avaliadas segundo os métodos da ISO citadas na NBR 15575-4, atendendo assim, os valores mínimos de isolamento acústica;
- desempenho lumínico: a iluminação natural e artificial deve atender as necessidades do usuário;
- durabilidade e manutenção: a vida útil determinada pelas normas brasileiras deve ser respeitada, assim como é necessário haver a possibilidade de inspeção e manutenção da edificação e suas instalações;

- saúde: a edificação deve ser um ambiente salubre, seguindo os critérios das leis vigentes;
- conforto antropodinâmico: o sistema de vedação deve ter seu projeto compatível com o espaço necessário para a movimentação do usuário nos ambientes;
- adequação ambiental: a edificação deve ser projetada, executada e mantida buscando minimizar as alterações no ambiente.

Além dos requisitos exigidos pela norma, Medeiros (2013) destaca outras funções das vedações verticais como proporcionar o suporte de outros sistemas prediais, como o sistema elétrico, hidrossanitário, assim como promover a proteção dos mesmos quando estes forem embutidos.

A vedação vertical de uma construção, considerada de forma isolada, não representa uma parte muito significativa do custo total de uma edificação. Por outro lado, analisando o conjunto com todas as interfaces que esse sistema possui com outros subsistemas como estrutura, instalações, vedação horizontal e impermeabilização, esse item passa a ser o maior de custo de produção (FRANCO, 1998).

Quando se leva em conta todos os subsistemas que estão diretamente ligados à vedação vertical, o planejamento deste estágio torna-se fundamental para um bom andamento da obra. Assim como, uma má qualidade na execução desta fase pode comprometer vários outros serviços, causando problemas e desperdícios.

O sistema de vedação vertical está dividido em externa e interna, sendo que Sabbatini (2003), considera a vedação externa como o componente que envolve um edifício, tendo uma de suas faces em contato com o ambiente externo. Já, segundo o autor, a vedação interna é responsável pela divisão dos ambientes internos da edificação.

2.1.1 Vedação Vertical Interna

A vedação vertical interna, como já citado, possui a função básica de compartimentação dos ambientes internos, mas é possível considerar ainda as seguintes funções secundárias (SABBATINI, 2003):

- proporcionar o suporte e a proteção das instalações do edifício;

- auxiliar no conforto térmico e acústico;
- proteger os equipamentos de utilização da edificação;
- suprir a função estrutural, em alguns casos.

Em relação a classificação das vedações verticais, para melhor diferenciar os materiais que podem ser utilizados neste subsistema, o autor Sabbatini (2003) propõe algumas classes, considerando suas características e modo de execução, que podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de Vedação Vertical Interna

CLASSIFICAÇÕES DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS			
Característica	Tipo	Descrição	Exemplo
MOBILIDADE	Fixa	Vedação que não possibilita mobilização e a recuperação de seus componentes é praticamente impossível.	Alvenaria em bloco cerâmico e paredes maciças moldadas in loco.
	Desmontável	Vedação que pode ser mobilizada e seus componentes sofrem pouca ou nenhuma degradação, podendo ser reutilizados.	Gesso acartonado
	Móvel	Vedação que pode ser movimentada de um local para o outro, sem necessidade de desmontagem e sem degradação de seus componentes.	Biombos
CAPACIDADE DE SUPORTE	Resistente	Possui função estrutural além de dividir os ambientes.	Alvenaria estrutural
	Autoportante	Possui apenas a função de dividir ambientes.	Gesso acartonado e alvenaria em bloco cerâmico
TÉCNICA DE EXECUÇÃO	Por conformação	Utiliza materiais com plasticidade obtida pela adição de água.	Alvenaria em bloco cerâmico
	Por acoplamento a seco	Utiliza materiais como pregos, parafusos e rebites.	Gesso acartonado
ESTRUTURAÇÃO	Auto suporte	Não há necessidade de estrutura complementar para sustentação.	Alvenaria
	Estruturada	Vedação possui uma estrutura complementar para suporte dos elementos de vedação.	Gesso acartonado

Fonte: Adaptado de Sabbatini (2003).

Diante das possibilidades existentes para o sistema de vedação vertical interna, o presente estudo será aprofundado nos dois tipos de processos escolhidos para a análise comparativa: a alvenaria em blocos cerâmicos e o gesso acartonado (*drywall*).

2.2 ALVENARIA EM BLOCOS CERÂMICOS

A alvenaria vem acompanhando o homem ao longo da história. Embora com o passar do tempo, os materiais utilizados e o processo de fabricação de seus elementos tenham evoluído, a ideia geral sobre esse método construtivo é basicamente a mesma. De acordo com Marinoski (2011), a alvenaria é formada por um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos unidos entre si, com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais.

Por ser um método construtivo antigo, mas ainda muito utilizado, existem diversos estudos sobre diferentes recursos que podem ser adotados na sua execução. Atualmente, é possível considerar que os principais tipos de alvenaria são compostos dos seguintes elementos (MARINOSKI, 2011):

- blocos de concreto;
- tijolos cerâmicos maciços;
- blocos cerâmicos;
- blocos sílico-calcáreos;
- blocos de concreto celular;
- tijolos de solo estabilizado;
- tijolos de vidro.

A alvenaria em blocos cerâmicos é o método mais utilizado na região do estudo em questão, deste modo, este foi o tipo escolhido para ser aplicado na comparação deste trabalho. Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que são responsáveis por resistir somente ao seu peso próprio e não à outras cargas verticais da edificação. Serão apresentados a seguir os principais materiais constituintes desse método construtivo, assim como o seu modo de execução.

2.2.1 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos são elementos basicamente fabricados através da prensagem ou extrusão da argila, e após um processo de pré-secagem natural, passam por uma etapa de queima em altas temperaturas, resultando em blocos maciços ou furados (ZULIAN; DONÁ; VARGAS, 2002).

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) é a norma responsável por definir as características e requisitos básicos para os blocos cerâmicos. Segundo ela, esse material é um dos componentes da alvenaria de vedação e possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Os blocos podem ser fabricados e utilizados com furos tanto na horizontal quanto na vertical, como mostra a Figura 1.

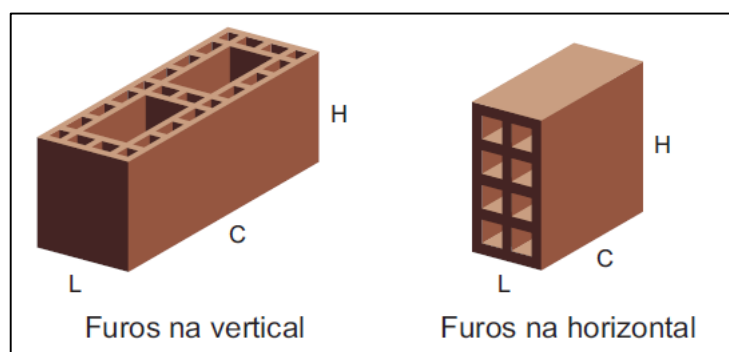


Figura 1 - Blocos cerâmicos
Fonte: Thomaz et al. (2009).

Na figura acima as letras indicadas nos blocos representam L: largura, C: comprimento, H: altura. Ainda de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2015) os blocos cerâmicos devem ter dimensões padronizadas conforme a Figura 2, considerando M como um módulo dimensional igual a 10 menos 1.

L x H x C	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco	½ Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M	14	19	39	19
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

Figura 2 - Dimensões de fabricação de blocos de vedação
Fonte: NBR 15270-1/2005 adaptado por Thomaz et al. (2009).

Além das determinações feitas pela norma em relação as dimensões, existem outras características que devem atender as exigências da NBR 15270-1 (ABNT, 2005). Os requisitos citados na Figura 3 devem ser analisados utilizando os métodos de ensaios presentes na NBR 15270-3 (ABNT, 2005) para que seja possível concluir se certo lote de bloco cerâmico deve ser aceito ou rejeitado.

Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	$\geq 3,0$ MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Figura 3 - Requisitos para blocos cerâmicos de vedação
Fonte: NBR 15270-1/2005 adaptado por Thomaz et al. (2009).

Diante de tantas possibilidades em dimensões existem hoje no mercado diversos tipos de blocos cerâmicos. Além das medidas, outras características podem ser alteradas dependendo do produto, como a quantidade e o formato dos furos e a textura do bloco. Alguns exemplos podem ser observados na Figura 4.

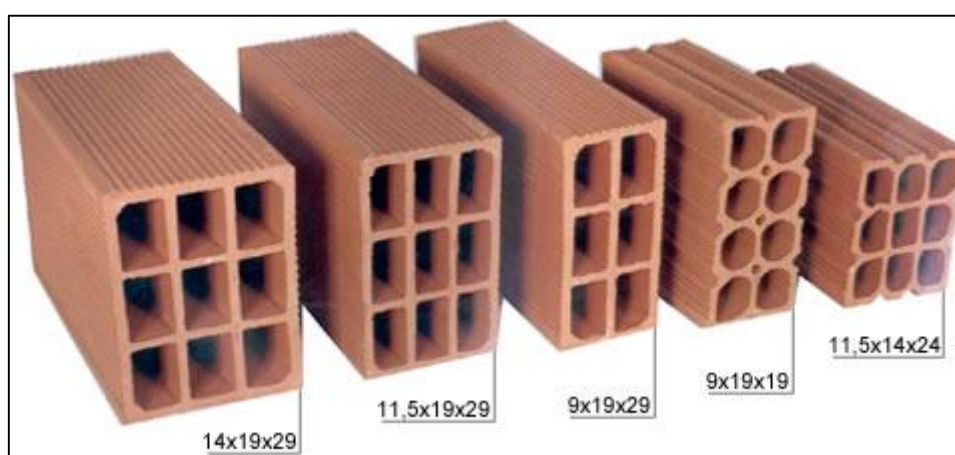


Figura 4 - Exemplos de blocos cerâmicos
Fonte: Casa e Construção Orienta (2013).

2.2.2 Argamassa

De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005) a argamassa consiste numa mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos, água e em

alguns casos aditivos. Os materiais e as quantidades apropriadas dependem do tipo de argamassa e de sua função. Este produto pode ser produzido em obra ou industrializado, e em ambos os casos as orientações a serem seguidas estão na NBR 13281 (ABNT, 2005) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

Cada componente da argamassa desempenha uma função, proporcionando a mistura certa característica. De acordo com a Comunidade da Construção (2002) o cimento, por exemplo, proporciona à mistura uma maior resistência mecânica, além de influenciar na aderência e retenção de água. A cal, por outro lado, possibilita a absorção de deformações e a trabalhabilidade da argamassa. A areia e sua granulometria podem alterar diversas características da argamassa como a porosidade, trabalhabilidade, aderência e impermeabilidade. E finalmente, os aditivos são utilizados para modificar uma ou mais propriedades da argamassa, tanto no estado fresco como endurecido. Algumas dessas alterações possibilitadas pelos aditivos são: diminuição da retração na secagem, melhoria na aderência da argamassa, aumento da retenção de água e aumento no tempo de pega mantendo a plasticidade do produto.

Segundo Carasek (2007) a argamassa pode ser classificada de várias formas, sendo uma delas de acordo com a sua função. A Tabela 2 mostra maiores detalhes sobre essa classificação.

Tabela 2 - Classificação da argamassa segundo sua função

Função	Tipo
Para a construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento)
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimentos de pisos	Argamassa de contrapiso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: Carasek (2007).

Considerando a tabela acima é possível perceber que no caso da construção de alvenaria de blocos cerâmicos é necessário a argamassa de assentamento. De acordo com Carasek (2007) as juntas de argamassa na alvenaria desempenham as seguintes funções:

- unir aos elementos da alvenaria, formando um sistema monolítico que auxilia na resistência aos esforços laterais;
- dividir a carga atuante na parede uniformemente por toda a área resistente do bloco;
- garantir a estanqueidade da parede à penetração da água;
- absorver possíveis deformações naturais que podem ocorrer como a retração por secagem e deformações térmicas.

Existem algumas características que devem ser consideradas na produção de argamassa, sendo elas a aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e trabalhabilidade. O estudo e a observação desses aspectos garantem o bom desempenho da argamassa de assentamento (CARASEK, 2007). A Figura 5 demonstra exemplos da utilização desse material.



Figura 5 - Argamassa de Assentamento
Fonte: Moraes (2013).

Considerando a alvenaria de blocos cerâmicos, após a elevação das paredes é necessário a utilização da argamassa de revestimento. Este tipo de argamassa possui como funções (LEGGERINI, 2010):

- proteção da vedação de agentes agressivos;

- auxílio no isolamento térmico e acústico, assim como na estanqueidade à água e gases das vedações;
- regularização da superfície da vedação para posterior acabamento;
- contribuição para a estética das fachadas e vedações.

Como foi mostrado na Tabela 2, quando se trata de revestimentos de paredes e teto tem-se alguns tipos de argamassas, como a de chapisco, emboço, reboco, camada única e revestimento decorativo monocamada.

De acordo com Selmo (1989), o chapisco tem como principal função proporcionar às demais camadas de revestimento uma ancoragem mecânica que possibilite a aderência entre as camadas subsequentes. Deste modo o chapisco deve ter uma superfície do tipo áspera e irregular, com espessura variando entre 3 a 5 mm.

O emboço, por outro lado, é uma camada mais espessa pois é responsável pela regularização da superfície, corrigindo imperfeições e prumos, além de propiciar a impermeabilização da parede. Sua espessura varia entre 10 e 15 mm (ZULIAN et al, 2002).

E finalmente, temos a camada de reboco que possui a função de dar acabamento a essa alvenaria propiciando a aplicação da pintura e outros revestimentos na parede. Além dessas três camadas de revestimentos, existe também a camada única e o RDM (revestimento decorativo monocamada). Segundo Carasek (2007) a camada única consiste num tipo de argamassa que é aplicado na base e já propicia a aplicação da camada decorativa, como a pintura. Já o RDM, de acordo com a autora, é um produto utilizado na Europa, que em uma camada, consegue proporcionar a regularização da parede além do efeito decorativo.

Na região de estudo desse trabalho o mais usual é a utilização das três argamassas de revestimento: o chapisco, emboço e reboco. Deste modo foram essas as camadas consideradas para a execução da alvenaria em blocos cerâmicos.

2.2.3 Características da alvenaria de blocos cerâmicos adotada em projeto

Considerando todos os fatores apresentados relacionados à composição de uma alvenaria de blocos cerâmicos foram empregadas as seguintes características para a alvenaria utilizada no projeto estrutural da edificação:

- bloco cerâmico: 9x14x24;

- argamassa de assentamento com espessura de 1 centímetro composta de cal, cimento e areia com o peso específico de 19 KN/m^3 conforme a NBR 6120 (ABNT, 1980).
- argamassa de revestimento compondo uma camada de 3 centímetros englobando chapisco, emboço e reboco com peso específico de 19 KN/m^3 conforme a NBR 6120 (ABNT, 1980).
- parede de alvenaria de blocos cerâmicos pronta com espessura de 15 centímetros.

Para a aplicação da carga de alvenaria na estrutura da edificação no *software* de cálculo estrutural adotado nesse estudo, é necessário informar o peso específico do sistema. O cálculo efetuado para a obtenção desse valor foi feito desconsiderando o peso específico do bloco cerâmico vazado informado pela NBR 6120 (ABNT, 1980), pois esse está relativamente desatualizado e incompatível com a realidade dos blocos cerâmicos atuais. Deste modo, foi utilizado uma média dos pesos obtidos através dos fabricantes do bloco escolhido, sendo o peso adotado 2,200 quilogramas.

A partir desse dado foram adicionados ao cálculo, os pesos da argamassa de assentamento e revestimentos obtidas através da consideração das espessuras das mesmas. Após possuir o valor total referente à massa de um bloco cerâmico com duas juntas de assentamento, uma inferior e outra lateral e duas camadas de revestimento, ou seja, uma em cada lado, foi feita a divisão do mesmo pelo volume total desse conjunto. O resultado encontrado foi de $1270,22 \text{ kg/m}^3$, mas por questões de simplificação, foi empregado como peso específico da alvenaria de blocos cerâmicos, o valor de 1300 kg/m^3 .

2.2.4 Modo de execução

A NBR 8545 – Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos (ABNT, 1984) é a responsável por descrever o processo que deve ser seguido nessa etapa de uma construção. Por ser um método construtivo muito utilizado, existem muitas técnicas e detalhes que foram criados para facilitar a execução. Esse estudo abordará de forma breve os principais passos que devem ser seguidos para a realização adequada de uma alvenaria de blocos cerâmicos.

Inicialmente deve-se respeitar o planejamento em relação à posição do bloco cerâmico na parede. A Figura 6 ilustra as opções de posição de assentamento do bloco cerâmico.

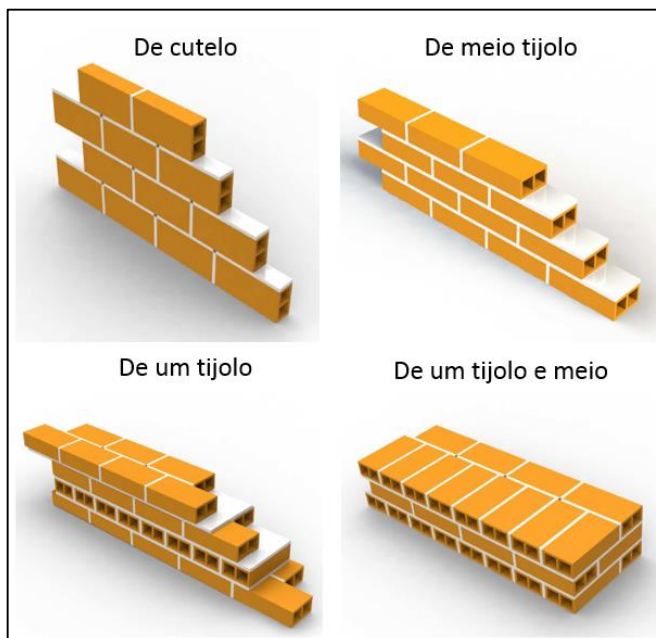


Figura 6 - Colocação de Blocos Cerâmicos
 Fonte: Adaptado de Marinoski (2011).

Com relação as juntas, a NBR 8545 (ABNT, 1984) exemplifica dois tipos principais, como pode ser analisado na Figura 7.

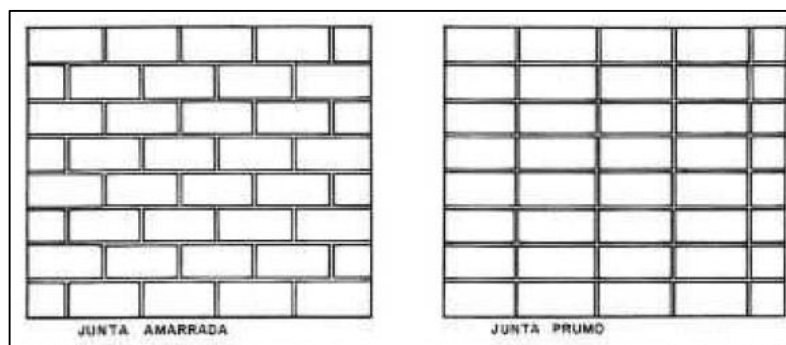


Figura 7 - Tipos de Juntas
 Fonte: Adaptado da NBR 8545 (1984).

É aconselhável e também mais utilizada a junta amarrada, que possibilita um melhor travamento dos elementos aumentando assim a resistência da parede. Tendo em mente essas escolhas e em posse dos projetos da edificação é possível dar início a primeira etapa da execução da alvenaria que consiste na marcação. Nesse estágio do processo é feito a colocação da primeira fiada de acordo com as medidas dos projetos, iniciando-se pelos cantos da alvenaria. É necessário ter atenção em relação

aos vãos das portas e a localização das instalações elétricas, hidrossanitárias e de gás. Na Figura 8 é possível observar o início da locação das paredes.

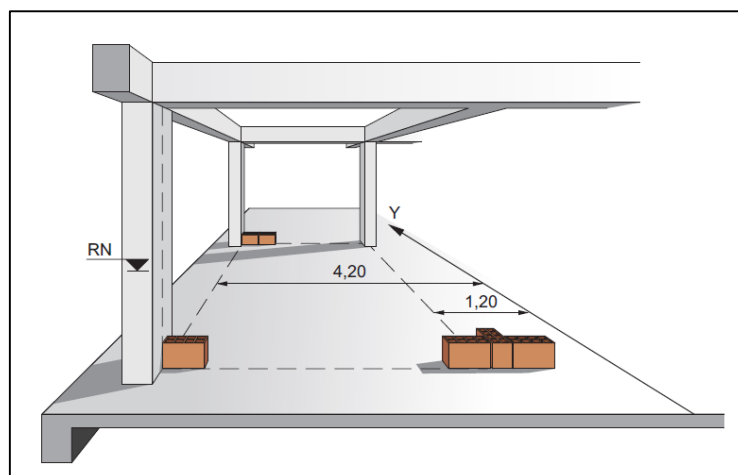


Figura 8 - Marcação da primeira fiada
Fonte: Thomaz et al. (2009).

A NBR 8545 (ABNT, 1984) recomenda o uso de ferramentas para a verificação do prumo e do alinhamento da fiada. O cuidado com assentamento dessa fiada deve ser intenso, pois qualquer erro pode comprometer as características do resto da alvenaria.

Após a marcação é começada a elevação da alvenaria. Nesta etapa deve ser feita a utilização de linhas para manter o alinhamento e nivelamento de cada fiada, além de manter o assentamento dos blocos de forma escalonada formando assim a junta de amarração. Com o aumento da altura é necessário analisar os vãos de janelas, programando assim a execução de vergas e contravergas. Segundo Thomaz et al. (2009) na ligação com os pilares deve ser observado se o chapisco já está bem aderido com o concreto e o bloco nessa área deve ser pressionado contra o pilar fazendo com que a argamassa em excesso reflua pelo bloco.

A próxima fase é a de fixação, ou encunhamento. Esta etapa deve ocorrer após a execução da alvenaria nos pavimentos superiores evitando assim qualquer transferência de carga para as paredes de vedação. As últimas fiadas devem ser executadas buscando obter uma espessura para a junta de fixação de 1,5 a 3 cm. No caso de variações dessa medida é possível utilizar blocos compensadores. Na última fiada são empregados materiais de fixação, podendo estes ser, meio-blocos, compensadores, ou blocos tipo caneleta. Estes materiais devem ser instalados na junta de forma que fiquem bem compactados, evitando assim futuros destacamentos (THOMAZ ET AL., 2009). A Figura 9 exemplifica uma situação de encunhamento.

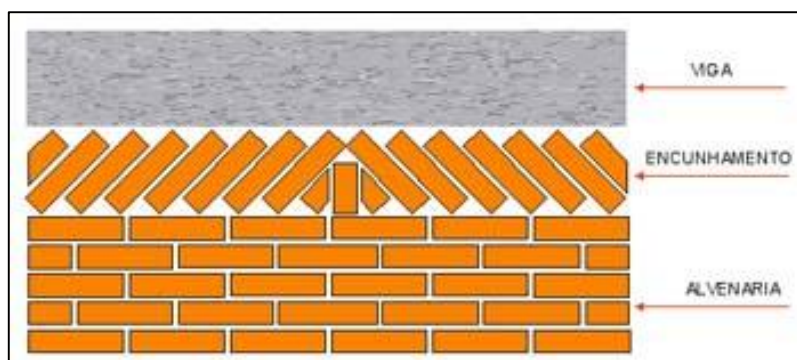


Figura 9 - Encunhamento
 Fonte: Fórum da Construção (2012).

2.3 DRYWALL

O sistema *drywall*, de acordo com Sabbatini (1998), trata-se de um tipo de vedação vertical leve, estruturada, fixa, constituída de uma estrutura com perfis metálicos ou de madeira e fechamento com chapas de gesso acartonado, que possui a função de dividir os espaços internos em uma edificação. Ainda segundo o autor esse é um exemplo do método construtivo à seco pois tem sua montagem através do acoplamento mecânico, sem o uso de materiais que possuem dosagem de água, como concretos e argamassas.

Em 1898 o norte-americano Augustine Sackett percebeu que ao unir o gesso ao papel cartão obtinha-se uma placa de boa resistência, fácil manuseio, pequena espessura e a possibilidade de um certo grau de isolamento termo-acústico. Assim nascia o sistema *drywall*, que ficou em evidência no cenário pós-guerra, por sua praticidade e foi sendo aderido nas construções em países da Europa, no Japão e em seu país de origem, os Estados Unidos.

Por ser amplamente utilizado há muitos anos em diversos países é possível perceber a grande diferença de demanda das chapas de gesso para *drywall* de certos países comparados ao Brasil, que segundo a Associação Brasileira do *Drywall*, iniciou a utilização desse sistema em meados dos anos 90. O Gráfico 2 ilustra melhor essas variações.

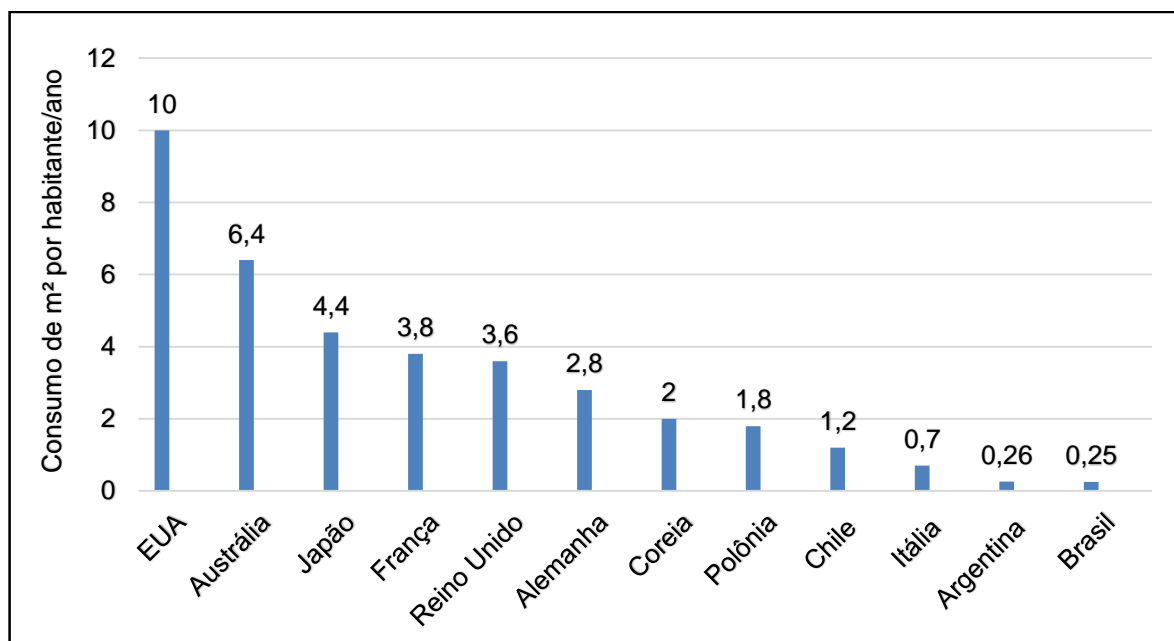


Gráfico 2 - Consumo de m² de Chapas de Gesso para *Drywall* por habitante/ano
 Fonte: Adaptado da Associação Brasileira de *Drywall* (2003).

Mesmo com um pequeno consumo comparado a outros países é importante salientar que o sistema *drywall*, nos últimos anos, tem ganhado mercado no Brasil. Os dados da Associação Brasileira de *Drywall* mostram o crescimento do consumo de um dos componentes desse sistema, como demonstra o Gráfico 3.

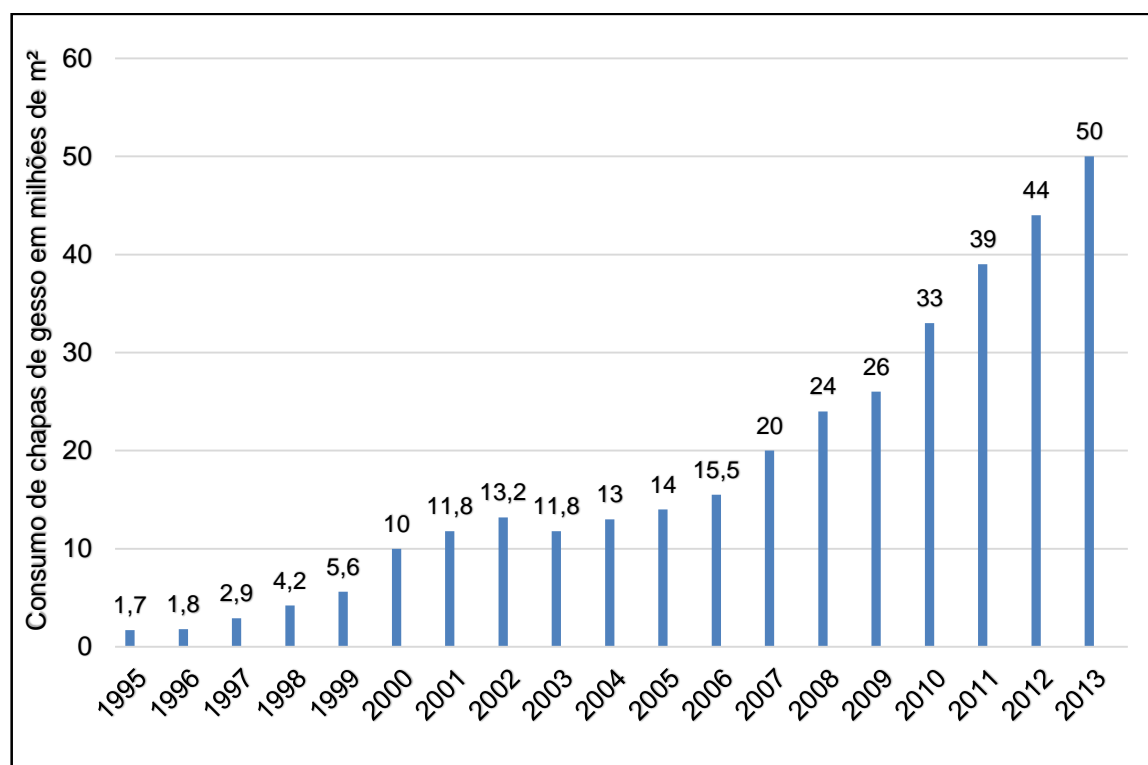


Gráfico 3 - Consumo de chapas de gesso para *drywall* em milhões de m².
 Fonte: Adaptado da Associação Brasileira de *Drywall* (2015).

Para a regulamentação desse sistema no Brasil, a ABNT criou algumas normas técnicas. A NBR 15758 (2009) – Sistema construtivo em chapas de gesso para *drywall* – Projeto e procedimentos executivos para montagem, é dividida em três partes:

- parte 1: Requisitos para sistemas usados como parede;
- parte 2: Requisitos para sistemas usados como forro;
- parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimento.

Considerando os componentes do método construtivo tem-se ainda a NBR 14715 (2001) – Chapas de Gesso para *Drywall* que se divide nas partes de requisitos e métodos de ensaio e a NBR 15217 (2009) – Perfis de aço para sistemas construtivos de chapas de gesso para *drywall* – Requisitos e Métodos de ensaio.

O método construtivo *drywall*, segundo o NBR 15758 (2009) é composto por chapas de gesso, estrutura de perfil de aço, acessórios de fixação e insumos. A Figura 10 exemplifica o sistema utilizado em uma parede com seus principais componentes.

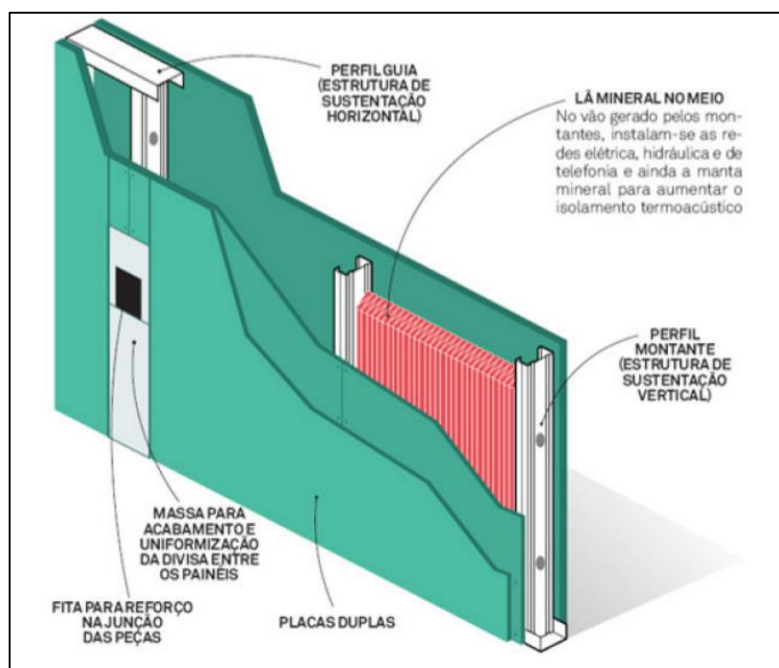


Figura 10 - Sistema *Drywall*
Fonte: Rodrigues (2014).

É possível observar que se trata de uma parede de chapas duplas, sendo essa uma opção para melhorar as características térmicas e acústicas do ambiente. O presente trabalho irá abordar estes componentes e o modo de execução do sistema.

Todas as considerações serão feitas considerando a aplicação do *drywall* como parede, que é o modo utilizado para a comparação desse trabalho.

2.3.1 Chapas de Gesso

De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004), esse produto é fabricado industrialmente através de um processo de laminação contínua de uma mistura composta por gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão. A NBR 14.715 (ABNT, 2001) especifica algumas características das chapas de gesso, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Características geométricas das chapas de gesso

Característica geométrica		Tolerância	Limite
Espessura	9.5 mm	± 0.5 mm	-
	12.5 mm		
	15 mm		
Largura		+ 0 / - 4 mm	Máximo de 1200 mm
Comprimento		+ 0 / - 5 mm	Máximo de 3600 mm
Esquadro		≤ 2.5 mm / m de largura	-
Rebaixo	Largura	Mínimo	40 mm
		Máximo	80 mm
	Profundidade	Mínimo	0.6 mm
		Máximo	2.5 mm

Fonte: Adaptado da NBR 14.715 (ABNT, 2001).

Nota-se que uma das especificações menciona o rebaixo na chapa de gesso. Isso acontece pois existem dois tipos de borda nesse material, a borda rebaixada e a borda quadrada. A diferença entre as duas pode ser observada na Figura 11.

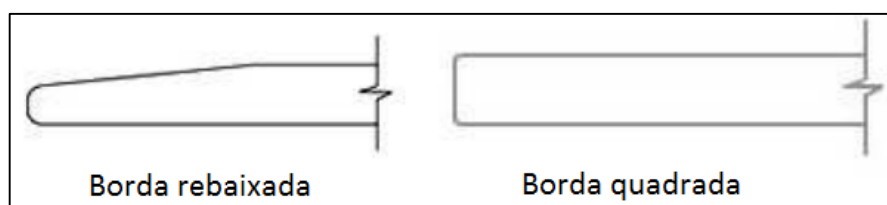


Figura 11 - Tipos de borda da chapa de gesso

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004).

Segundo a NBR 14.715 (ABNT, 2001) as chapas de gesso devem atender também algumas especificações referentes a características físicas. Esses requisitos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Características físicas da chapa de gesso

Determinação	Limites			
	Espessura da chapa (mm)			
	9.5	12.5	15.0	
Densidade superficial da massa (kg/m ²)	Mínimo	6.5	8.0	10.0
	Máximo	8.5	12.0	14.0
	Varição máxima em relação à medias das amostras de um lote	± 0.5		
Resistência mínima à ruptura na flexão (N)	Longitudinal	400	550	650
	Transversal	160	210	250
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo (mm)	20			
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade - RU - (%)	5			
Absorção superficial máxima de água para chapa resistente à umidade - RU - tanto para a face de frente quanto para a face do verso - característica facultativa (g/m ²)	160			

Fonte: Adaptado da NBR 14.715 (ABNT, 2001).

Atualmente no Brasil são comercializados três tipos de chapas de gesso. De acordo com Taniguti (1998) as principais diferenças entre elas são:

- chapa de uso comum (*Standart*): empregadas em situações comuns, possuem a face frontal com cartão branco, e a posterior com cartão marfim.
- chapas resistentes a umidade: utilizada em ambientes molháveis, possuem em sua constituição gesso e aditivos, como o silicone, que a tornam resistente a água. Suas faces são cobertas com hidrofugante e uma delas apresenta a coloração verde.
- chapas resistentes ao fogo: sua camada central é composta de gesso e fibras não combustíveis, como vermiculitas e fibra de vidro. Possui uma de suas faces revestida por cartão rosado.

A Figura 12 exemplifica os tipos de chapas apresentados.



Figura 12 - Tipos de chapas de gesso
Fonte: Rodrigues, Diniz e Kovacz (2014).

2.3.2 Perfis de aço para estrutura

De acordo com a Associação Brasileira de *Drywall* (2004) os perfis utilizados no sistema são fabricados a partir de chapas de aço revestidas com zinco através de um processo de conformação contínua a frio. Essas chapas devem atender as seguintes características: espessura mínima de 0,5 mm e a designação do revestimento zincado deve ser Z 275, conforme a NBR 7008 - Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente (ABNT, 2012). A Figura 13 mostra os tipos de perfis utilizados na execução de uma parede de gesso acartonado.

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48 G 70 G 90	48/28 70/28 90/28	Paredes, forros e revestimentos
Montante (formato de 'C')		M 48 M 70 M 90	48/35 70/35 90/35	Paredes, forros e revestimentos
Canaleta 'C' (formato de 'C')		C	47/18	Forros e revestimentos
Canaleta Ômega (formato de 'Ω')		O	70/20	Forros e revestimentos
Cantoneira (formato de 'L')		CL	25/30	Forros e revestimentos
Cantoneira de reforço (formato de 'L')		CR	23/23 28/28	Paredes e revestimentos

Figura 13 - Tipos de perfis para estrutura de *Drywall*
Fonte: Adaptado da Associação Brasileira de *Drywall* (2004).

2.3.3 Elementos de fixação

Compostos basicamente de parafusos e buchas, esses elementos são utilizados para fixar os componentes do sistema de *drywall* entre si ou para fixar os perfis metálicos nos elementos construtivos. De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004) quando a fixação envolve os componentes estruturais, como lajes, vigas e pilares pode ser utilizado os seguintes materiais:

- buchas plásticas e parafusos (diâmetro mínimo de 6mm);
- rebites metálicos (diâmetro mínimo de 4 mm).

Em relação a fixação entre componentes do sistema *drywall* existem duas classes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*, 2004):

- perfis metálicos entre si – ligação metal/metal;
- chapas de gesso sobre perfis metálicos – ligação chapa/metal.

A partir dessa distinção foi criada a regra para o correto emprego de parafusos, pois como mostra a Figura 14, o parafuso pode ter sua função subentendida através de sua forma.

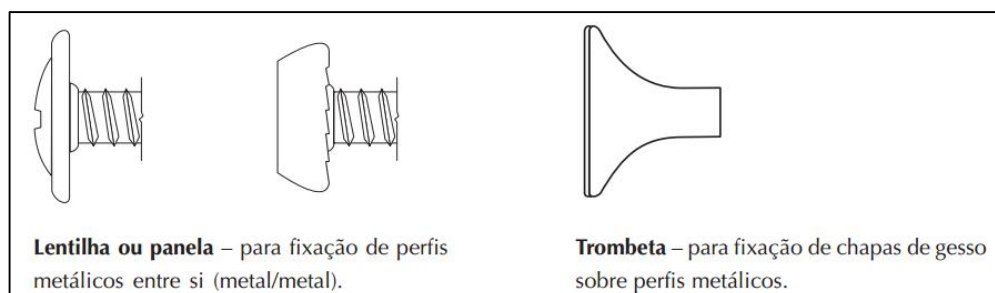


Figura 14 - Tipos de parafusos - cabeça

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004).

Outra característica distinta criada para a identificação dos parafusos foi em relação a sua ponta. A Figura 15 exemplifica essa diferenciação.



Figura 15 - Tipos de parafusos - ponta

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004).

É importante salientar que existem algumas especificações que devem ser atendidas pelos componentes de fixação utilizados. A Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004) cita algumas delas, como a resistência a corrosão mínima, o comprimento dos parafusos na ligação chapa/metal que deve ultrapassar o perfil metálico em no mínimo 10 mm e o comprimento dos parafusos na *ligação* metal/metal que deve ter uma sobra de no mínimo três passos de rosca além do último elemento metálico.

Diante dessas características e recomendações a Figura 16 demonstra os tipos de parafusos que podem ser empregados no sistema *drywall*.





Tipo	Desenho	Código	Comprimento nominal (mm)	Utilização	
				Perfil metálico	Chapa de gesso
Cabeça trombeta e ponta agulha		TA 25	25	Espessura máxima de 0,7 mm	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TA 45	45		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 50	50		
		TA 55	55		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 65	65		
TA 70	70				
Cabeça trombeta e ponta broca		TB 25	25	Espessura de 0,7 até 2,00 mm	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TB 45	45		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 50	50		
		TB 55	55		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 65	65		
TB 70	70				
Cabeça lentilha ou panela e ponta agulha		LA ou PA	Comprimento: superior a 9 mm	Espessura máxima de 0,7 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
Cabeça lentilha ou panela e ponta broca		LB ou PB	Comprimento: superior a 9 mm	Espessura de 0,7 até 2,00 mm	Fixação de perfis metálicos entre si

Figura 16 - Tipos de parafusos empregados no sistema *drywall*
Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004).

2.3.4 Massas para juntas e colagem

De acordo com a Comissão de Materiais e Tecnologia (COMAT, 2012) as massas para o tratamento das juntas do sistema *drywall* devem ser utilizadas juntamente com as fitas apropriadas. A comissão ainda alerta que esses produtos não devem ser substituídos por gesso em pó ou massa corrida para pintura.

Os produtos existentes no mercado e que devem ser utilizados são a massa de rejunte em pó, que deve ser preparada com a adição de água, a massa de rejunte pronta para uso e massa de colagem que é utilizada para colagem direta em estruturas de concreto e alvenarias e na vedação de frestas que podem ocorrer nas extremidades da parede (COMAT, 2012). O tipo de massa a ser utilizado depende da necessidade de produtividade da situação.

2.3.5 Fitas

São elementos utilizados no acabamento das paredes de *drywall* para melhorar o desempenho do sistema. A Associação Brasileira de *Drywall* (2003) cita três tipos de fita que podem ser empregadas:

- fita de papel micro perfurado: utilizada nas juntas entre chapas;
- fita de papel micro perfurado com reforço metálico: empregada no reforço de ângulos salientes;
- fita de isolamento (banda acústica): usada para o isolamento de perfis nos perímetros das paredes, forros e revestimentos.

2.3.6 Acessórios

Existem alguns acessórios que podem ser utilizados no sistema *drywall*, sendo que na maioria dos casos eles tem como função melhorar a sustentação mecânica do sistema. Normalmente esses acessórios são empregados em forros e revestimentos e devem ser especificados no projeto. Um exemplo de acessório que pode ser utilizado nas paredes de *drywall* está ilustrado na Figura 17.

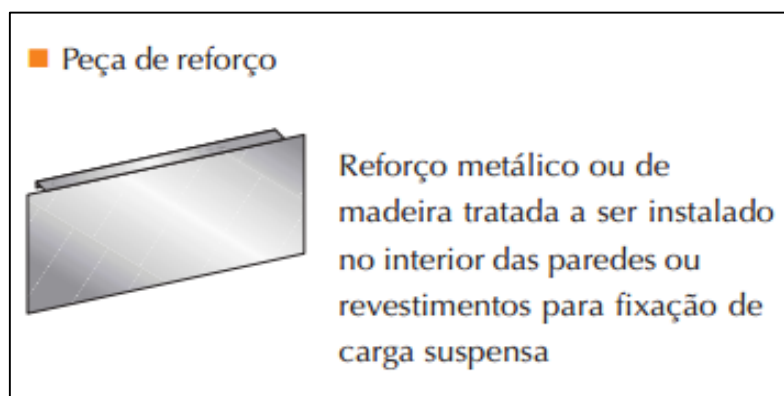


Figura 17 - Acessório para *Drywall*

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004).

2.3.7 Lã mineral

Instalada entre as chapas de gesso, pode ser constituída de lã de rocha ou lã de vidro, sendo que sua utilização aumenta o isolamento termo acústico do sistema.

Esses produtos são apresentados em feltros ou painéis, podendo ser revestidos ou não.

2.3.8 Características do sistema *drywall* adotadas em projeto

Esse tipo de vedação interna foi utilizado no projeto somente em paredes que não estavam localizadas entre apartamentos ou entre um apartamento e a área de circulação da edificação. Levando em consideração esse fator foi utilizado o sistema de *drywall* composto pelos elementos citados na Figura 18, conforme indicação de um dos fabricantes desse produto no Brasil.

Tipo de parede	Espessura da parede	Perfil	Paginação dos montantes	Altura Limite Montantes		Chapa	Peso (Kg/m ²)	Resistência ao fogo		Índice de isolamento acústico (dB)	
				Simples	Duplos			Quantidade e Espessura	Com ST	Com RF	Sem lâ
Parede entre ambientes de uma mesma unidade	95 mm	70	600	3	3,6	02 BR	20	½ h	½ h	38/40	44/46
			400	3,3	4,05	12,5 mm					
			300	3,7	4,40						
Parede entre unidades distintas	120 mm	70	600	3,7	4,4	04 BR	40	1h	1 ½ h	44/46	50/52
			400	4,1	4,8	12,5 mm					
			300	4,5	5,25						
Parede para grandes alturas	300 mm	90	600	10,8	12,85	04 BR	40	1h	1 ½ h	56/58	61/63
			400	10,85	12,9	12,5 mm					
			300	10,85	12,95						
Parede com alta performance acústica	200 mm	70	600	2,9	3,4	04 BR	40	1h	1 ½ h	53/55	60/62
			400	3,2	3,7	12,5 mm		1h	1 ½ h	53/55	60/62
			300	3,4	4,1			1h	1 ½ h	53/55	60/62

Figura 18 - Componentes adotados no sistema *drywall*

Fonte: Gypsum (2016).

Com base nessas informações foi considerado o peso específico de 211 kg/m³ nas paredes de vedação vertical interna no projeto do sistema de gesso acartonado da edificação.

2.3.9 Modo de Execução

Para dar início ao processo de instalação do sistema *drywall*, é necessário verificar alguns aspectos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*, 2003):

- analisar a compatibilização entre os projetos;
- as vedações externas e internas que não forem de gesso acartonado devem estar finalizadas;
- a laje deve estar nivelada e se possível acabada;
- as aberturas horizontais e verticais da obra devem estar protegidas, impedindo assim a entrada de chuva e umidade excessiva;
- as saídas das instalações hidráulicas e elétricas devem estar posicionadas de acordo com o projeto, evitando grandes cortes nos perfis metálicos.

De acordo com Taniguti (1999) o processo de montagem de uma parede de gesso acartonado segue basicamente as seguintes etapas citadas na Figura 19.

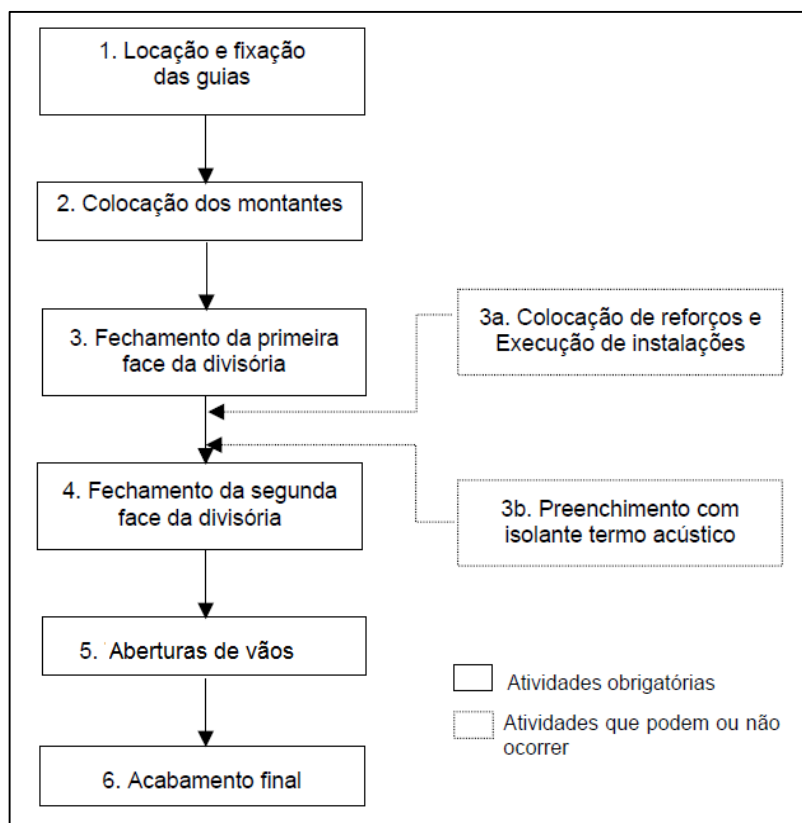


Figura 19 - Modo de execução do sistema *drywall*
Fonte: Adaptado de Taniguti (1999).

É importante salientar que todas as recomendações feitas nas etapas de montagem do sistema *drywall* são baseadas nas normas brasileiras vigentes relacionadas a esse método construtivo e já apresentadas nesse trabalho.

2.3.9.1 Locação e fixação das guias

Nesta etapa da execução é feita a localização das guias no piso e no teto, além dos pontos de referência dos vãos das portas e locais de fixação de cargas pesadas, conforme as definições do projeto. Nessa fase é muito importante a utilização de ferramentas que garantam o alinhamento e as medidas corretas das marcações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL, 2004).

Após a locação das paredes, é iniciado a fixação das guias. Segundo Taniguti (1999) é recomendado que primeiramente sejam fixadas as guias inferiores e depois as superiores. A colocação de parafusos e buchas deve ocorrer a cada 60 centímetros, no máximo. Além disso, as emendas nas guias devem ser sempre de topo, sem nenhuma sobreposição. Caso o projeto solicite a utilização da fita de isolamento, ela deve ser instalada entre o perfil das guias e a superfície de fixação. A Figura 20 exemplifica algumas considerações que devem ser feitas durante a montagem.

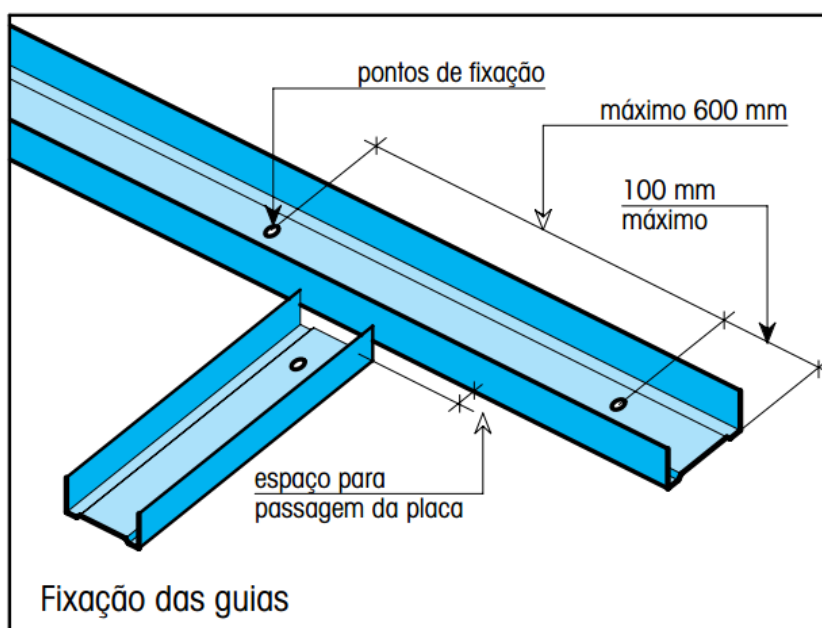


Figura 20 - Fixação das guias
Fonte: Placo (2013).

2.3.9.2 Colocação dos montantes

De acordo com a Associação Brasileira de *Drywall* (2004) os montantes devem possuir a altura do pé direito com 5 a 10 milímetros a menos. A distância entre montantes deve ser de no máximo 60 centímetros. Ao contrário das guias, deve haver um transpasse de no mínimo 30 centímetros na emenda entre montantes, utilizando dois parafusos para ligação metal/metal em cada lado. É necessário evitar que essas emendas fiquem na mesma linha. A Figura 21 mostra o encaixe dos montantes nas guias.

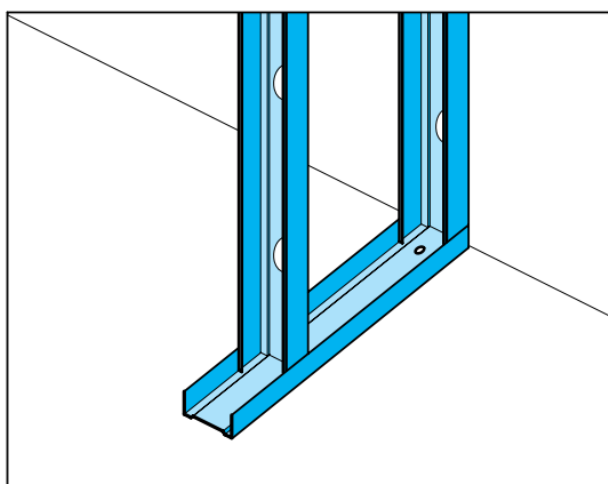


Figura 21 - Colocação de montantes
Fonte: Placo (2013).

Dependendo da necessidade do ambiente projetado e das características do sistema é possível utilizar montantes duplos, que aumentarão a resistência do conjunto formado. Essa e outras características, como a quantidade de placas de gesso, devem ser consideradas durante a fase de projeto, considerando as exigências e os níveis de desempenho de cada ambiente.

2.3.9.3 Fechamento da primeira face da divisória

Uma vez que a estrutura do sistema já esteja completa, é possível iniciar o fechamento da primeira face da divisória. As juntas formadas pelas emendas das placas são as áreas mais frágeis da divisória. Deste modo é possível fazer o posicionamento das placas de gesso buscando minimizar o número de juntas (TANIGUTI, 1999).

De acordo com Placo (2013), as chapas devem possuir 1 centímetro a menos do que a altura da parede, sendo que essa folga deve ser posicionada na parte inferior. A junção de placas deve ser feita sempre sobre um montante e as chapas devem ser dispostas de forma que as juntas de um lado não coincidam com as juntas do outro lado da parede. A fixação deve ocorrer a cada 30 centímetros no sentido longitudinal e à 1 centímetro de distância da borda da placa de gesso, como exemplifica a Figura 22.

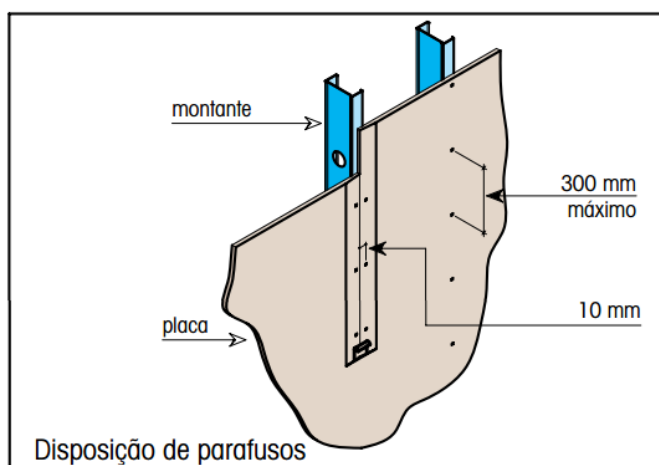


Figura 22 - Fixação da primeira face da divisória
Fonte: Placo (2013).

Como foi citado no fluxograma das etapas da montagem do sistema *drywall*, nesta etapa acontece também a colocação de reforços, a execução de instalações elétricas, hidráulicas e outras, além da colocação do material para isolamento. Dependendo da complexidade dos projetos das instalações é possível executá-las antes mesmo do fechamento de uma das faces da parede. A Associação Brasileira de *Drywall* (2004) recomenda que deve ser verificado o posicionamento das instalações conforme os projetos, além de ser aconselhável o teste de estanqueidade das tubulações hidráulicas antes do fechamento das paredes.

A colocação da lã mineral deve ocorrer de forma uniformemente distribuída evitando espaços vazios. O produto deve ser colocado no sentido longitudinal e sua largura deve respeitar o espaçamento dos montantes.

2.3.9.4 Fechamento da segunda face da divisória

Após a execução das instalações previstas em projetos é possível fazer o fechamento da parede com chapas de gesso. Deve-se tomar cuidado com a fixação utilizando o parafuso, para que a cabeça do mesmo não perfure totalmente o cartão criando uma saliência na superfície da chapa. No caso de paredes duplas, a fixação deve ocorrer de forma alternada, como mostra a Figura 23.



Figura 23 - Fechamento das paredes com placas de gesso
Fonte: Placo (2013).

2.3.9.5 Aberturas de vãos

No caso de vãos é preferencial fazer a utilização de montantes duplos nas extremidades, mas caso seja utilizado montante simples, a alma do montante deve estar voltada sempre para o batente. A Associação Brasileira de *Drywall* (2004) cita algumas recomendações importantes relacionadas aos vãos de portas e janelas. Em relação as portas, é aconselhável que a guia seja firmemente fixada ao chão e possua um dobramento de aproximadamente 20 centímetros para o remonte sobre o montante. A Figura 24 exemplifica essa situação.

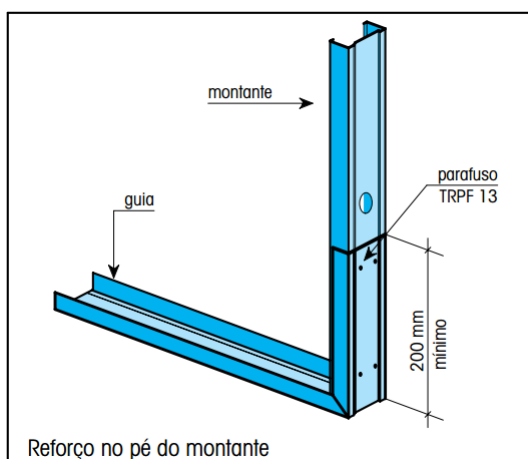


Figura 24 - Abertura de vão de porta
Fonte: Placo (2013).

Considerando os vãos de janelas, deve ser colocado montantes auxiliares entre a parte superior e inferior da esquadria, assim como guias superior e inferior. É recomendável também que as juntas de chapas sejam desencontradas do alinhamento das esquadrias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*, 2004).

2.3.9.6 Acabamentos finais

O acabamento que deve ser efetuado nas juntas segue normalmente os seguintes passos (PLACO, 2013):

- com o auxílio da espátula, aplicar a massa de rejunte sobre a região da junta;
- colocar a fita de papel microperfurado de modo que a dobra da fita coincida com o eixo da junta;
- comprimir a fita para eliminar o excesso de massa, evitando assim o aparecimento de bolhas;
- após a secagem deve ser passado mais duas demãos de massa aproximadamente, respeitando o tempo de secagem de cada camada e abrangendo uma área maior que a da primeira demão.

Nas áreas com parafusos também deve ser aplicado massa de rejunte e antes da pintura, tanto estas áreas quanto as juntas devem ser lixadas. No tratamento de juntas em ângulo deve-se aplicar a massa nos dois lados e colocar a fita no ângulo dobrada no eixo pré-marcado. A aplicação das outras demãos de massa deve ser feita conforme citado acima.

É aconselhável fazer uma inspeção visual no tratamento das juntas pois o número de aplicações de massa pode variar em cada caso. Não deve haver sobreposição de fitas em cruzamento de juntas, o recomendado é interromper um dos lados. E no caso de vãos maiores que 3 milímetros entre chapas ou entre chapas e elementos periféricos, como paredes e lajes, é necessário a utilização da massa de colagem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*, 2004).

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA SISTEMA

Após o estudo de cada sistema, é possível perceber que diante das características de ambos, cada um apresenta diferentes vantagens e desvantagens. A Tabela 6 apresentada algumas delas relacionadas a alvenaria de blocos cerâmicos.

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da Alvenaria em Blocos Cerâmicos

Vantagens	Desvantagens
Elevada durabilidade	Carga elevada na estrutura
Bom desempenho térmico	Baixa produtividade durante a execução
Bom desempenho acústico	Pode haver a ocorrência de trincas
Elevada resistência mecânica	Maior consumo de materiais
Resistência ao fogo	Grande perda de materiais devido a diversos fatores
Não há limitação de uso em relação a condições ambientais	Geração de entulho devido aos cortes feitos na vedação para a passagem de instalações

Fonte: Adaptado de Sabbatini (2003) e Oliveira (2013).

Em relação ao sistema *drywall* algumas vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Vantagens e Desvantagens do Sistema *Drywall*

Vantagens	Desvantagens
Elevada produtividade	Baixa resistência mecânica
Baixa carga na estrutura	Necessita de um planejamento prévio para áreas onde é necessário uma resistência maior
Resistência ao fogo	Vazios do sistema podem possibilitar a ocorrência de fungos e insetos
Desmontabilidade	Baixa resistência à umidade
Bom acabamento, sem trincas ou imperfeições	Tendência de aparição de fungos caso o local possua uma umidade do ar permanentemente elevada.
Possibilidade de diferentes níveis de isolamento acústica	

Fonte: Adaptado de COMAT (2012) e Oliveira (2013).

Por ser considerado um sistema relativamente novo, muitos fabricantes apontam as principais vantagens do *drywall* comparadas as características das alvenarias, como mostra a Figura 25.

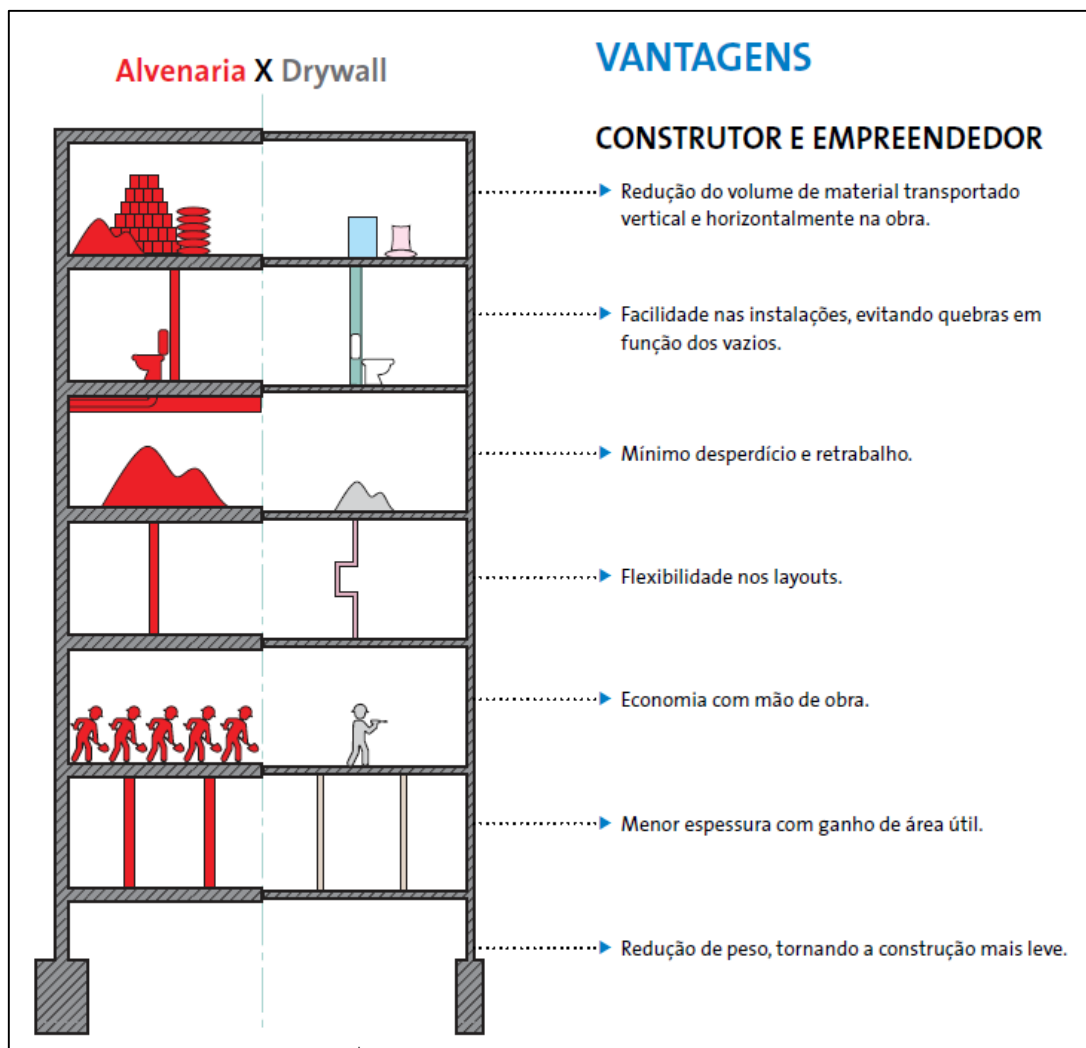


Figura 25 - Vantagens do *drywall* comparado a alvenaria
 Fonte: Placo (2013).

É possível perceber que cada sistema possui características únicas, sendo assim, a escolha do sistema de vedação interno é influenciada por diversos fatores como: o local de aplicação, as necessidades do projeto e as propriedades da edificação. Essas e outras considerações devem ser avaliadas para que o sistema escolhido não se torne um problema na edificação.

2.5 PROJETO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO

O presente trabalho busca comparar as estruturas resultantes da utilização de dois tipos diferentes de vedação vertical interna, a alvenaria de blocos cerâmicos e o *drywall*. Deste modo, para a obtenção dessas estruturas é necessário a elaboração

do projeto estrutural. As considerações feitas em relação a esse tipo de projeto serão baseadas na escolha do concreto armado como principal material utilizado.

De acordo com Carvalho e Filho (2014, p. 21) o concreto armado é “obtido por meio da associação entre concreto simples e armadura convenientemente colocada (armadura passiva) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes”. Essa união de concreto e aço, forma o material estrutural mais utilizado no mundo, segundo Pinheiro (2007). Ainda segundo o autor, seu consumo anual está em torno de uma tonelada por habitante, perdendo apenas para água, como material mais utilizado pelo homem. Esse estudo apresenta a seguir os principais conceitos e etapas para a elaboração de um projeto estrutural de uma edificação em concreto armado.

2.5.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico é o ponto de partida do projeto estrutural. O autor Melhado (1997) acredita que considerando as normas técnicas vigentes, o projeto de arquitetura é o responsável pelas indicações a serem seguidas nos projetos de estrutura e instalações. Deste modo, a estética e as exigências e necessidades das pessoas que irão usufruir de certa edificação são consideradas inicialmente no projeto arquitetônico. É importante salientar que mesmo sendo consideradas duas etapas diferentes em uma construção, a comunicação e interação entre arquiteto e engenheiro é de extrema importância para a prevenção de problemas e incompatibilidades durante a execução. De modo geral, Corrêa e Naviero (2001, p.1) afirmam que “[...] o projeto estrutural deve respeitar a forma e a estética definidas no projeto arquitetônico, bem como a arquitetura deve proporcionar soluções estruturais viáveis dos pontos de vistas técnico e econômico”.

2.5.2 Lançamento da estrutura

Este é o primeiro passo na elaboração de um projeto estrutural. Também chamado de concepção estrutural, esta etapa de acordo com Pinheiro (2007) consiste na escolha dos elementos estruturais a serem utilizados, bem como a posição dos mesmos, compondo um sistema capaz de resistir aos esforços provenientes das

ações atuantes e transmiti-los para o solo. Em uma edificação de concreto armado, os principais elementos estruturais são (PINHEIRO, 2007):

- lajes: são consideradas placas que recebem cargas permanentes e ações de uso e as transferem para o apoio. Além disso, são responsáveis pelo travamento de pilares e pela distribuição das ações horizontais entre os componentes de contraventamento;
- vigas: consistem em barras horizontais localizadas nas extremidades das lajes. Estes elementos, além de suportar as cargas de paredes, também recebem as ações de lajes e outras vigas e as transmite para os apoios;
- pilares: barras verticais responsáveis por receber as cargas de lajes e vigas e transferi-las para os elementos inferiores ou para a fundação;
- fundação: elementos que transmitem os esforços dos pilares para o solo. Podem ser blocos, sapatas, estacas e outros;

Durante a concepção da estrutura deve-se levar em conta alguns aspectos para que se obtenha uma estrutura adequada para cada caso. O autor Alva (2007) cita alguns desses aspectos.

- estética: as condições estéticas estabelecidas pelo projeto arquitetônico devem ser atendidas, ou seja, a estrutura sempre que possível deve ser escondida, para que não interfira no aspecto visual da construção;
- economia: o lançamento da estrutura deve buscar minimizar os custos e essa economia pode ocorrer através de diversas considerações, sendo uma delas a uniformização da estrutura, resultando em formas mais simples e padronizadas, possibilitando o reaproveitamento de formas;
- funcionalidade: a locação de pilares principalmente deve ser coerente para que não impacte de forma negativa a utilização da edificação pelo usuário;

De acordo com Pinheiro (2007) o lançamento da estrutura é iniciado pela determinação da localização de pilares, seguindo para o posicionamento de vigas e lajes, buscando sempre a compatibilização com o projeto arquitetônico.

2.5.3 Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento da estrutura é feito para que seja determinado o peso próprio da estrutura, que consiste na primeira etapa dos cálculos de ações. O

conhecimento das dimensões de cada elemento possibilita a definição dos vãos equivalentes e das rigidezes, itens necessários para o cálculo das ligações entre elementos (PINHEIRO, 2007).

É importante destacar que como cita o autor Giongo (2007), as dimensões finais de cada elemento só serão definitivas após as verificações da fase de dimensionamento.

Existem várias formas de executar o pré-dimensionamento de uma estrutura, e cada projetista utiliza fórmulas e considerações obtidas através de autores respeitados e também de suas próprias experiências. O mais importante é ficar atento as dimensões mínimas de cada elemento exigidas pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.5.4 Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a responsável por regulamentar os procedimentos e considerações a serem empregados na elaboração do projeto, execução e no controle das edificações e seus materiais, garantindo assim a segurança e qualidade do produto final (CARVALHO e FILHO, 2014). As principais normas criadas para estruturas de concreto são:

- ABNT NBR 6118:2014: projeto de estruturas de concreto – procedimentos;
- ABNT NBR 6120:1980 (versão corrigida de 2000): cargas para cálculo de estruturas de edificações – procedimento;
- ABNT NBR 14931:2004: execução de estruturas de concreto – procedimento;
- ABNT NBR 8681:2003 (versão corrigida de 2004): ações e segurança nas estruturas;
- ABNT NBR 6122: 2010: projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 6123:1988 (versão corrigida 2 de 2013): forças devidas ao vento em edificações – procedimentos;
- ABNT NBR 9062:2006: projeto de Estruturas de Concreto Armado Pré-moldado.

2.5.5 Estabilidade Global

Os esforços resultantes das ações verticais atuando em uma estrutura considerada em sua posição inicial são chamados de esforços de primeira ordem. Ao considerar as ações horizontais juntamente com as verticais em uma estrutura é gerado deslocamentos horizontais e essa posição deformada da estrutura com a atuação de ações verticais criam acréscimos nos esforços de primeira ordem. Os efeitos de segunda ordem são justamente esses acréscimos, resultantes da análise da estrutura na posição deformada. A estabilidade global de uma estrutura está relacionada a capacidade de manter o equilíbrio diante da atuação de ações verticais e horizontais, e para isso é necessário avaliar a resistência das estruturas diante dos esforços de segunda ordem (ESTATÍSTICA..., [200-]).

Os esforços de segunda ordem podem ser avaliados a partir do parâmetro de instabilidade (α) e do coeficiente (γ_z). A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece as condições para o cálculo desses fatores e determina os intervalos que devem ser respeitados. Caso os valores calculados não atendam as determinações da norma, deve ser alterado a configuração da estrutura buscando aumentar a rigidez da mesma.

2.5.6 Análise estrutural

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 72) em uma estrutura “as resistências não podem ser menores que as solicitações e devem ser verificadas em relação a todos os estados limites e todos os carregamentos especificados para o tipo de construção considerado”, ou seja, a norma utiliza o método dos estados limites para garantir a segurança de uma estrutura de concreto armado. Os estados limites são divididos em estado limite último e estado limite de serviço.

O estado limite último, segundo Pinheiro (2007 p.42) está ligado “a máxima capacidade portante da estrutura”, sendo assim, atingir esse ponto significa a ruptura da estrutura. O autor ainda cita alguns exemplos desta situação como a perda de equilíbrio como corpo rígido, o escoamento excessivo da armadura, flambagem, instabilidade dinâmica e outros.

Já o estado limite de serviço de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) está relacionado à durabilidade e funcionalidade das estruturas, considerando quesitos como aparência e conforto do usuário. Fissurações, deformações e vibrações

excessivas são aspectos relacionados as verificações deste estado limite (PINHEIRO, 2007).

Nessa parte do projeto estrutural também deve ser analisado todas as ações que podem criar efeitos significativos na estrutura, considerando os possíveis estados limites últimos e de serviço (CARVALHO e FILHO, 2014). Em relação as ações, na NBR 8681 (ABNT, 2003), as mesmas são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) as ações consideradas permanentes são tanto aquelas que possuem seus valores praticamente constante ao longo da vida útil da edificação, quanto as que crescem com o tempo, tendendo a certo valor limite constante. Essas ações são divididas em diretas e indiretas, sendo que as diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura, além das cargas resultantes dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes da edificação. Por outro lado, as ações permanentes indiretas são caracterizadas pelas deformações resultantes da retração e fluência do concreto, assim como imperfeições geométricas, deslocamentos de apoio e protensão (CARVALHO e FILHO, 2014).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) assim como as ações permanentes, as variáveis também podem ser classificadas em diretas e indiretas. No caso de ações variáveis diretas são consideradas cargas acidentais resultantes do uso da construção e ação do vento e da água. Já as ações variáveis indiretas são ocasionadas por ações dinâmicas e variações não uniformes de temperatura.

Em relação as ações excepcionais, Pinheiro (2007) afirma que estas possuem baixa probabilidade de ocorrência e duração muito curta, mas que devem ser consideradas em determinadas estruturas. O autor ainda exemplifica esse tipo de ação como sendo resultantes de choques de veículos, explosões, incêndios e abalos sísmicos.

Todas as considerações e cálculos referentes as possíveis ações atuantes em uma edificação são encontradas na NBR 6118 (ABNT, 2014). Com base nas cargas e considerações adotadas para cada elemento a análise estrutural de acordo com Carvalho e Filho (2014 p. 46) “permite estabelecer as distribuições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos em uma parte ou em toda a estrutura”.

2.5.7 Dimensionamento da estrutura

O dimensionamento de uma estrutura é responsável por garantir de forma segura que a mesma seja capaz de suportar todas as solicitações presentes durante a execução e utilização de uma edificação. Deste modo o cálculo da estrutura efetuado nessa etapa do projeto tem como objetivo comprovar que as dimensões dos elementos estruturais previamente consideradas são capazes de resistir as solicitações mais desfavoráveis e dimensionar as seções que não possuíam suas medidas definidas, para que suportem as solicitações a que estarão sujeitas (CARVALHO e FILHO, 2014).

Após o conhecimento das seções dos elementos estruturais e considerando as solicitações aplicadas para cada um, sendo que as lajes e vigas normalmente são submetidas à flexão simples e os pilares à flexocompressão normal ou oblíqua, é utilizado os valores dos esforços obtidos para o dimensionamento da área de armadura transversal e longitudinal de cada componente da estrutura.

2.5.8 Detalhamento da estrutura

Essa é a etapa final do projeto e cada elemento estrutural é analisado, sendo definida as dimensões e localizações de cada barra de aço, para que seja atendido todos parâmetros de segurança estabelecidos pelo estado limite último (CARVALHO e FILHO, 2014).

O detalhamento da estrutura deve buscar a racionalização sem esquecer do processo de fabricação. Segundo Carvalho e Filho (2014, p. 225) “é preferível empregar barras em toda a extensão da viga do que cortar algumas delas com, por exemplo, 20 cm mais curta que o elemento estrutural”. As pranchas com as características definidas no detalhamento dos elementos estruturais serão o guia para a execução ocorrer de forma coerente com todas as considerações e cálculos feitos durante todo o projeto.

Todos os itens apresentados dentro da seção 2.5 deste trabalho correspondem aos principais fatores considerados na elaboração de um projeto estrutural. No presente estudo o cálculo estrutural foi desenvolvido com o auxílio do *software* Eberick, considerando as cargas com base nas características dos materiais apresentados nos itens 2.2.3 e 2.3.8 desse referencial.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos objetivos apresentados e considerando a classificação de Gil (2002), este estudo pode ser classificado em uma pesquisa exploratória, pois aborda uma comparação entre um sistema de vedação usual e outro considerado recente no nosso país, criando assim novas hipóteses sobre a viabilidade de utilização de cada um. Em relação aos procedimentos técnicos adotados, tem-se uma pesquisa bibliográfica, que possui como base livros, teses e artigos científicos relacionados à alvenaria de blocos cerâmicos, *drywall* e projeto estrutural em concreto armado. O presente trabalho apresenta uma sequência lógica para sua execução, sendo esta apresentada no fluxograma apresentado na Figura 26.

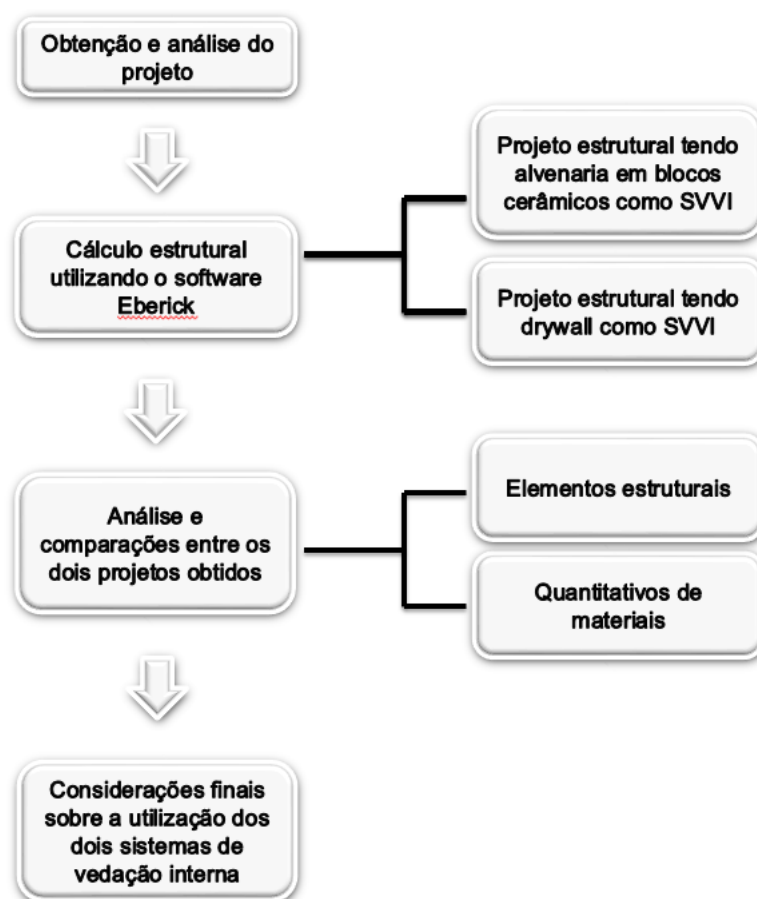


Figura 26 - Fluxograma da sequência do estudo
Fonte: Autoria própria (2016).

3.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE DO PROJETO

Buscando a possibilidade de resultados significativos foi analisado a melhor opção do tipo de edificação para a aplicação do estudo. Sendo assim, foi discutido os objetivos e ideias relacionadas a essa pesquisa com membros de um dos escritórios de engenharia da cidade de Pato Branco – PR, o Plana Engenharia de Estruturas. A escolha foi um prédio de 4 pavimentos projetado pela Arquiteta Veridiana Negri. Essa edificação está localizada na cidade de Francisco Beltrão – PR e possui uma área total de 1.122 m². Após a autorização dos profissionais envolvidos nos projetos dessa construção, foi iniciado o estudo das características dessa edificação. A Figura 27 mostra uma das perspectivas do projeto arquitetônico.



Figura 27 - Perspectiva da edificação
Fonte: Negri (2015).

A edificação é composta de um pavimento de estacionamento, localizado na área térrea e mais três andares iguais, cada um com dois apartamentos. Os apartamentos possuem 3 dormitórios, 2 banheiros, sala de estar/tv, cozinha e lavanderia. O projeto arquitetônico do pavimento tipo desta edificação pode ser observado na Figura 28.

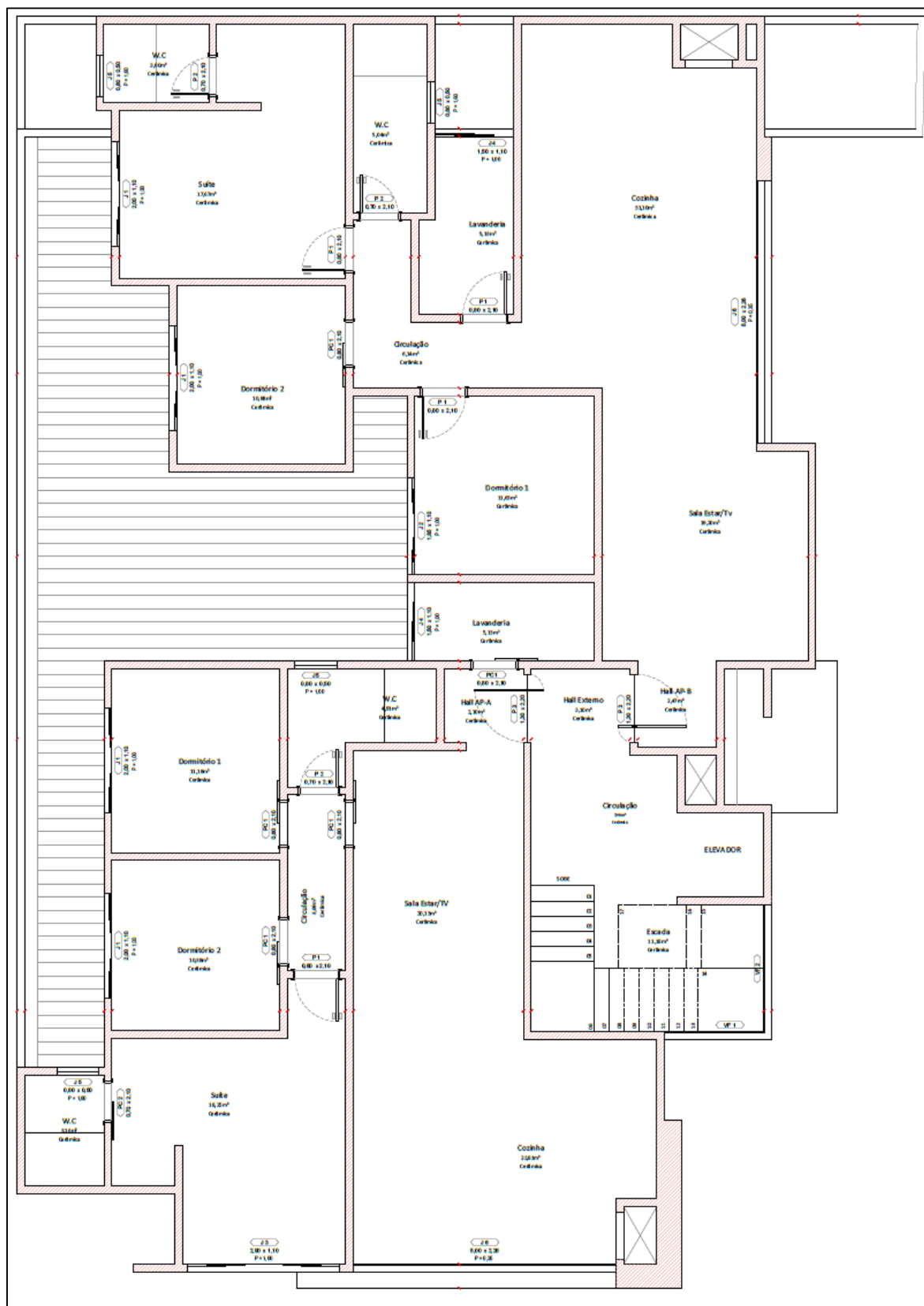


Figura 28 - Projeto Arquitetônico do Pavimento Tipo
Fonte: Negris (2015).

O esquema da estrutura, com informações referentes às alturas de cada pavimento pode ser observado na Figura 29.

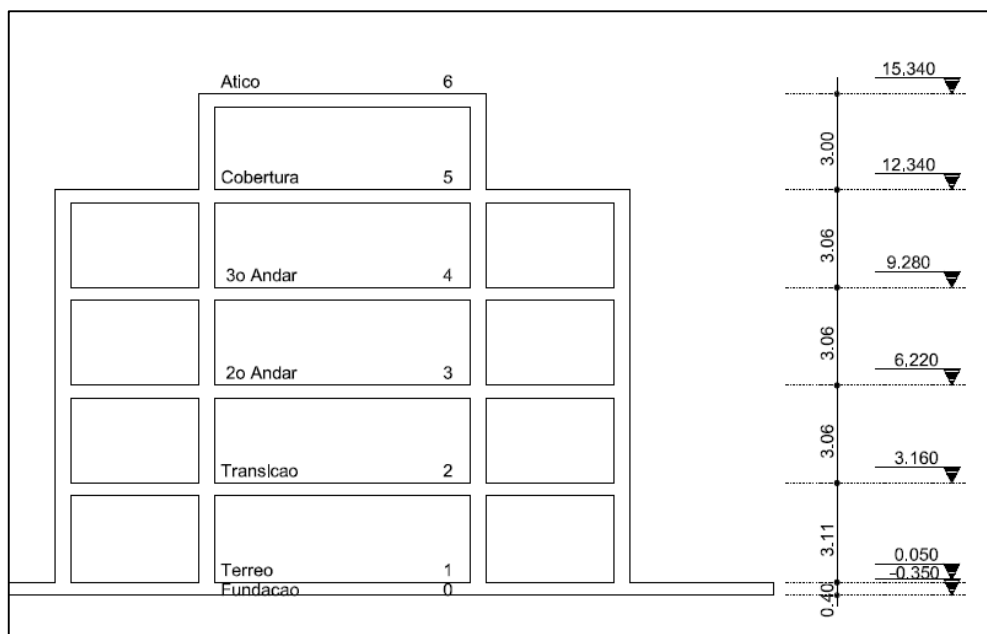


Figura 29 - Corte da Estrutura
Fonte: Plana (2015).

3.2 CÁLCULO ESTRUTURAL UTILIZANDO O SOFTWARE EBERICK

Para a elaboração dos dois projetos estruturais necessários para as comparações desse trabalho foi utilizado o *software* de cálculo estrutural Eberick. A engenheira Karina Antonello disponibilizou sua chave (número: 135419-9) para que o estudo fosse realizado. O projeto estrutural da edificação foi iniciado pelo lançamento da estrutura no programa. O escritório, Plana Engenharia de Estruturas, cedeu o projeto estrutural executado do edifício em questão, assim como o ensaio de sondagem e considerações feitas em relação a atuação do vento e certas cargas. Procurando uma maior proximidade com a realidade, foram utilizados todos os dados disponíveis além da mesma localização e pré-dimensionamento de pilares, vigas e lajes. O lançamento da estrutura pode ser observado na Figura 30.

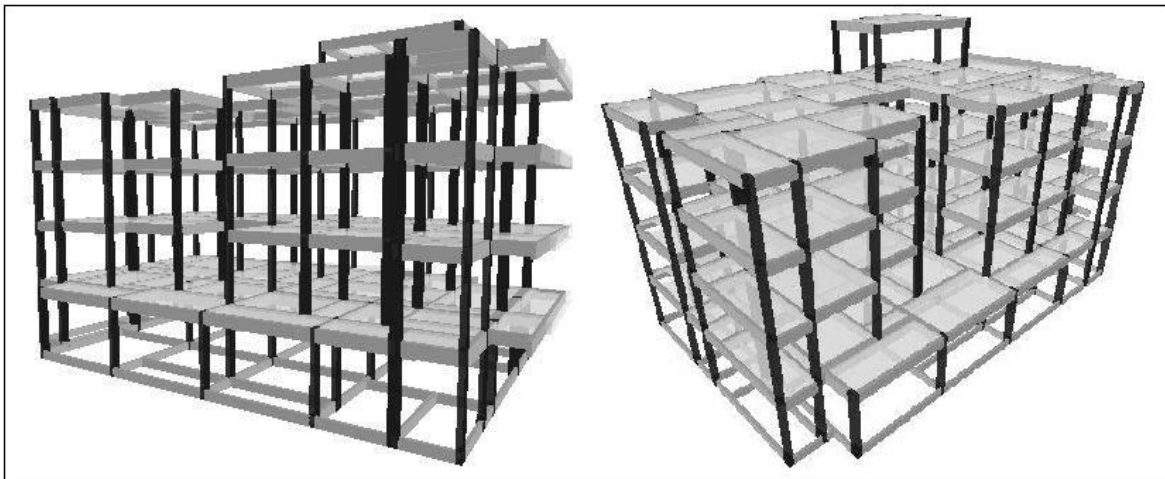


Figura 30 - Estrutura da Edificação
Fonte: Autoria própria.

Levando em conta as normas técnicas apresentadas no item 2.5.4 do referencial deste estudo, e adotando os dados conhecidos utilizados no projeto estrutural executado da edificação em questão, foram empregadas as seguintes considerações para a elaboração dos projetos utilizados nas comparações desse trabalho:

- Carga permanente de 150 kgf/m²;
- Carga acidental de 100 kgf/m², sendo que este foi valor adotado no projeto da edificação executada, e optou-se por mantê-lo, mesmo havendo uma discordância com os valores previstos pela NBR 6120 (ABNT, 1980).
- Vento:
 - Velocidade básica: 45 m/s;
 - Fator de terreno: 1.00;
 - Categoria de rugosidade: I;
 - Classe da edificação: A;
 - Fator estatístico: 1;
- Classe de agressividade ambiental: I
- Dimensão do agregado: 19 mm
- Cobrimentos:
 - Pilares e vigas – 2,5 cm;
 - Lajes – 2,0 cm;
 - Reservatório e blocos – 3,0 cm;
- Concreto: C25;

- Aço: CA50 e CA 60;
- Lajes: foram utilizadas lajes maciças e pré-fabricadas, conforme o projeto estrutural executado da edificação de estudo. As lajes maciças tinham espessuras de 8 ou 10 cm. Já as lajes pré-fabricadas possuíam sua altura de 12 ou 16 cm, enchimento em material cerâmico e espessura da capa de concreto de 4 cm nos dois casos;
- Não há presença de lajes no piso térreo, onde está situada a garagem;
- Solo: argila siltosa;
- Fundação: conforme o projeto executado, foram utilizadas estacas escavadas mecanicamente com diâmetros de 25, 30, 35 e 40 cm;
- Reservatório: de acordo com as dimensões citadas no projeto arquitetônico, o carregamento resultante foi de aproximadamente 500 kgf/m².
- Escada: na área da escada, para efeitos de simplificação foi considerado uma laje maciça com espessura de 12 cm;
- Elevador: não há nenhuma especificação em relação às características desse elemento no projeto arquitetônico, sendo assim foi empregado no poço do mesmo, vigas de 150 cm de altura, conforme o projeto estrutural executado, e nas paredes do poço do elevador foi considerado apenas as cargas de alvenaria;
- Altura da platibanda: 1,20 metros;
- Telha de fibrocimento de 8 mm com carga de 24 kg/m²;
- Largura das paredes de alvenaria em bloco cerâmico: 15 cm;
- Largura das paredes do sistema *drywall*: 9,5 cm;
- Peso específico do concreto armado: 2.500 kgf/m³;
- Peso específico da alvenaria em blocos cerâmicos: 1.300 kgf/m³;
- Peso específico do sistema *drywall*: 211 kgf/m³;

As considerações citadas acima foram empregadas igualmente nos dois projetos elaborados, sendo a única diferença entre eles as cargas referentes a vedação vertical interna. No primeiro caso foi adotado carregamentos referentes a uma parede de alvenaria em blocos cerâmicos e no segundo caso, foi considerado a utilização de *drywall* como sistema de vedação interna.

É importante salientar que as paredes de divisa entre os dois apartamentos ou entre o apartamento e a hall foram consideradas nos dois casos como alvenaria

em blocos cerâmicos. As paredes em *drywall* utilizadas em ambientes molhados serão compostas de chapas de gesso resistentes à umidade. A Figura 31 ilustra as paredes em que as cargas foram modificadas em cada caso.

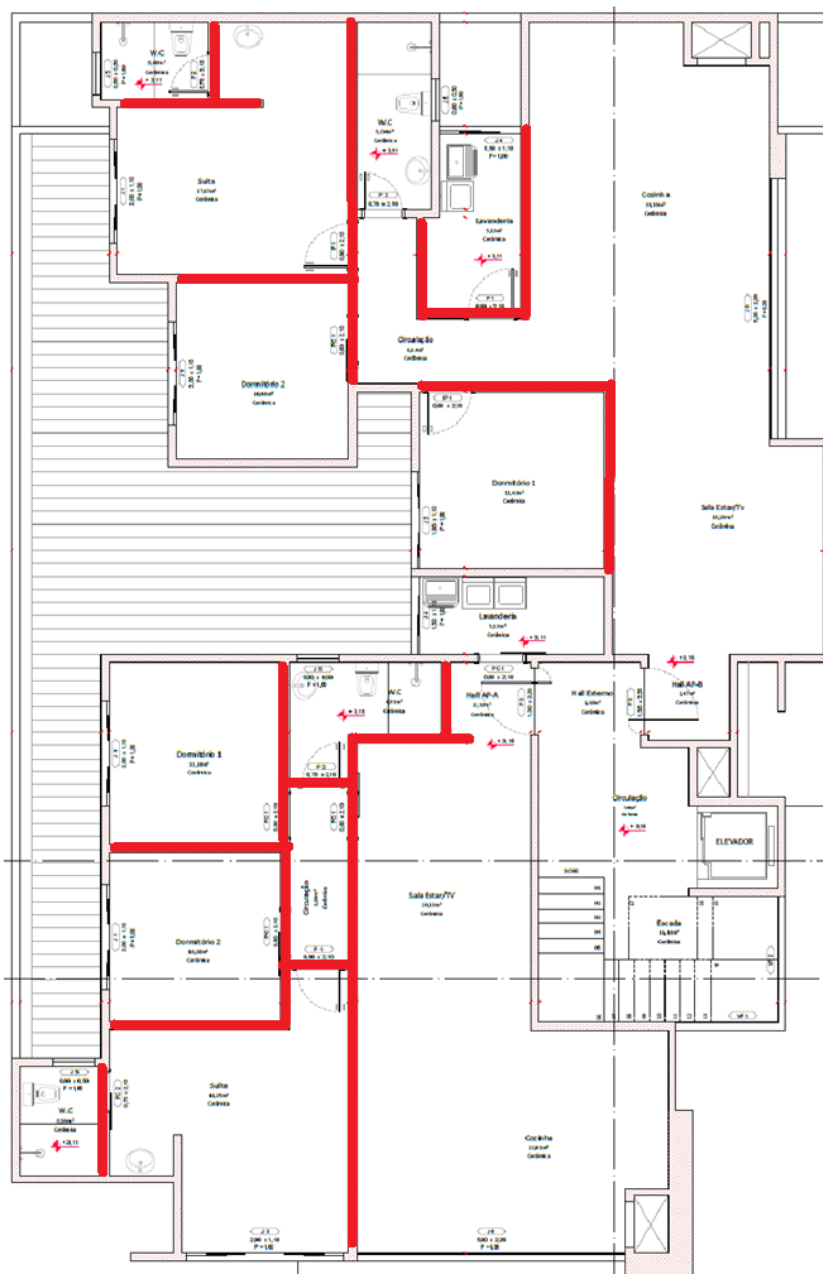


Figura 31 - Pavimento tipo da edificação
Fonte: Adaptado de Negri (2015).

Após inserir no programa todas as informações citadas, foi realizado o cálculo da estrutura. Diante dos resultados obtidos foi analisado a coerência destes com o projeto estrutural executado do edifício. Ao concluir a análise estrutural, iniciou-se as interpretações e comparações entre os dois projetos calculados.

3.3 ANÁLISE E COMPARAÇÕES ENTRE OS PROJETOS OBTIDOS

O impacto na estrutura do edifício resultante da mudança de cargas entre os dois sistemas de vedação interna foi o principal tópico de estudo para concluir o grau de significância dessa diferença num plano geral. Com esses dados, foi possível observar as consequências da escolha deste quesito em uma edificação. Neste momento do estudo, em posse dos dois projetos estruturais obtidos foi feita a análise das principais diferenças e verificação das causas das mesmas. Além disso, foram observados os elementos estruturais obtidos em cada caso, assim como suas características referentes a armadura, esforços solicitantes e outros. O presente trabalho limitou-se a comparações dos elementos laje, viga e pilar, excluindo assim a fundação da estrutura.

Durante a elaboração do projeto foi observado que em alguns casos era possível a diminuição da seção de certos elementos estruturais, mas como consequência a taxa de armadura aumentava consideravelmente. Optou-se então por manter as seções buscando maiores variações nas armaduras, pois essa é responsável por uma maior parcela do custo da estrutura. Outra suposição adotada no trabalho, foi que como trata-se somente de um estudo comparativo, não foi dada tanta ênfase na questão executiva, ou seja, só foram realizadas mudanças na configuração das barras de aço, quando esta não alterava significativamente a taxa de armadura.

A relação de materiais de toda a estrutura possibilitou quantificar a real diferença entre a adoção dos processos construtivos analisados. Buscando uma referência monetária, foi feito um simples levantamento de mercado para obter os custos da armadura e do concreto para a execução de cada uma das estruturas. Quatro empresas de Pato Branco foram consultadas para efetuação de uma estimativa, sendo elas duas distribuidoras de concreto e duas de aço. A média aritmética dos valores obtidos foi utilizada para o orçamento dos principais itens da estrutura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a metodologia citada nesse estudo, será apresentado a seguir os resultados obtidos e as interpretações realizadas para cada situação. Buscando um melhor entendimento, a apresentação desse item do trabalho será dividida em características obtidas para cada projeto e elementos estruturais resultantes de cada caso calculado.

4.1 ESTABILIDADE GLOBAL

Conforme apresentado no item 2.5.5 desse estudo, a análise da estabilidade da estrutura deve ser avaliada para determinar a influência dos esforços de 2ª ordem. O *software* empregado nesse estudo calcula o coeficiente γ_z para determinar a classificação da estrutura dentro dos parâmetros da NBR 6118 (ABNT, 2014). Os valores calculados para o coeficiente no projeto considerando a vedação interna de alvenaria em blocos cerâmicos podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Coeficiente Gama Z - Projeto de Alvenaria

Coeficiente Gama-Z		
	Vento a 0°	Vento a 90°
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	390.27	340.96
Momento de 2ª ordem de cálculo (tf.m)	21.32	19.25
Gama-Z	1.06	1.06

Fonte: Autoria própria (2016).

O limite para a desconsideração dos efeitos de 2ª ordem é de 1,10. Neste caso a estabilidade global da estrutural está de acordo com a norma. No caso do projeto de *drywall* obteve-se os dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Coeficiente Gama Z - Projeto de Drywall

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	390.27	340.96
Momento de 2ª. ordem de cálculo (tf.m)	19.39	18.44
Gama-Z	1.06	1.05

Fonte: Autoria própria (2016).

É possível observar que o projeto utilizando o sistema *drywall* também está dentro dos parâmetros determinados pela norma. Com relação aos valores obtidos percebe-se uma pequena alteração no γ_z do eixo Y, ao compará-lo com o resultado encontrado no primeiro caso. Deste modo é possível concluir que, a alteração de carregamentos interfere na estabilidade global de uma estrutura já que esta foi a única diferença empregada entre os dois projetos. Destaca-se também que por se tratar de um edifício de poucos pavimentos os efeitos globais de segunda ordem foram pouco significativos.

4.2 LAJES

Como já citado, o projeto calculado possuía dois tipos de lajes, maciças e pré-moldadas. Nos pavimentos que abrigam os apartamentos da edificação foram alteradas as cargas atuantes de 4 lajes, pois sobre estas estão localizadas algumas paredes. A Figura 32 mostra a localização das lajes L1 e L6, que foram analisadas de forma mais detalhada.

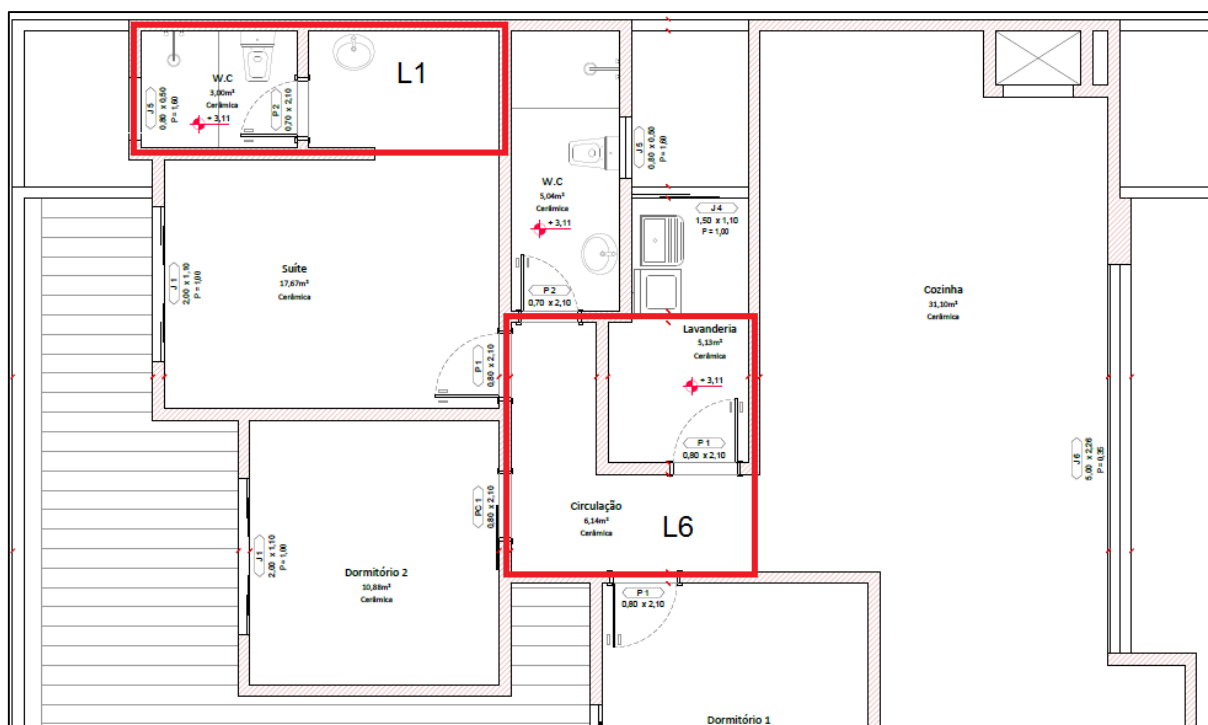


Figura 32 - Localização das lajes L1 e L6
Fonte: Autoria própria (2016).

Ao verificar as características destas lajes foi possível perceber uma significativa diferença referentes as flechas desses elementos. A Tabela 9 mostra os valores obtidos as lajes L1 e L6.

Tabela 9 - Valores de flechas nas Lajes (cm)

	Alvenaria	Drywall
Laje pré-moldada L1	0,75	0,20
Laje maciça (8cm) L6	1,63	0,53

Fonte: Autoria própria, (2016).

Os valores das flechas no projeto de alvenaria não atenderam o critério do Estado Limite de Serviço estabelecidos pela NBR 6118 (ABNT, 2014) que considera que a flecha não pode ter dimensão maior que a relação do vão por 250 ($l/250$). Deste modo, no caso da laje pré-moldada criou-se uma vinculação de engastamento entre a L1 e a L4, e o valor da flecha reduziu para 0,62 cm, respeitando assim a norma. Já na laje maciça aumentou-se a espessura da mesma para 10 cm, e conseqüentemente o valor da flecha diminuiu para 1,21 cm, atendendo assim as exigências. Por outro lado, como esperado, os valores do projeto com *drywall* mostraram-se muito abaixo do limite, devido a diminuição dos carregamentos. As armaduras obtidas em cada projeto para cada laje podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Armadura das Lajes L1 e L6

		Projeto com alvenaria		Projeto com <i>drywall</i>	
		L1	L6	L1	L6
Armadura positiva (CA 50)	Eixo X	-	6,3 mm c/ 15 cm	-	6,3 mm c/ 15 cm
	Eixo Y	-	6,3 mm c/ 20 cm	-	6,3 mm c/ 20 cm
Armadura negativa (CA 50)	Eixo X	-	6,3 mm c/ 15 cm	-	6,3 mm c/ 20 cm
	Eixo Y	6,3 mm c/ 20 cm	6,3 mm c/ 15 cm	-	6,3 mm c/ 20 cm

Fonte: Autoria própria, (2016).

Nota-se que não houve grandes variações nas características obtidas das armaduras das lajes. Mas ao comparar o projeto executado utilizado como base para o pré-dimensionamento e os projetos elaborados é possível perceber a diferença nas configurações encontradas. Essa variação de resultados entre o projeto real e o projeto elaborado ocorre devido a um conjunto de fatores. Primeiramente, o programa de cálculo estrutural utilizado no projeto executado foi o TQS, e nesse estudo foi

empregado o Eberick. Outro aspecto que gera essa discrepância são as suposições relacionadas as vinculações utilizadas, pois não se teve acesso às informações sobre as adoções deste quesito empregadas no projeto executado, ou seja, nos projetos elaborados foram alterados os tipos de vinculações conforme as verificações realizadas na análise estrutural. Deste modo, o projeto executado foi utilizado nesse estudo somente como uma base, pois ao iniciar o trabalho já era esperado uma certa diferença nos projetos obtidos.

4.3 VIGAS

Ao contrário das lajes, as vigas sofreram alterações em maior escala. Isso ocorreu, porque a maioria dos carregamentos referentes as vedações internas são transmitidas diretamente para elas, no caso dessa edificação. Uma das vigas que resultou numa grande diferença ao comparar os dois projetos foi a viga 07 que teve a carga referente a vedação interna alterada em uma parcela de seu comprimento. Sua posição na estrutura pode ser observada na Figura 33.

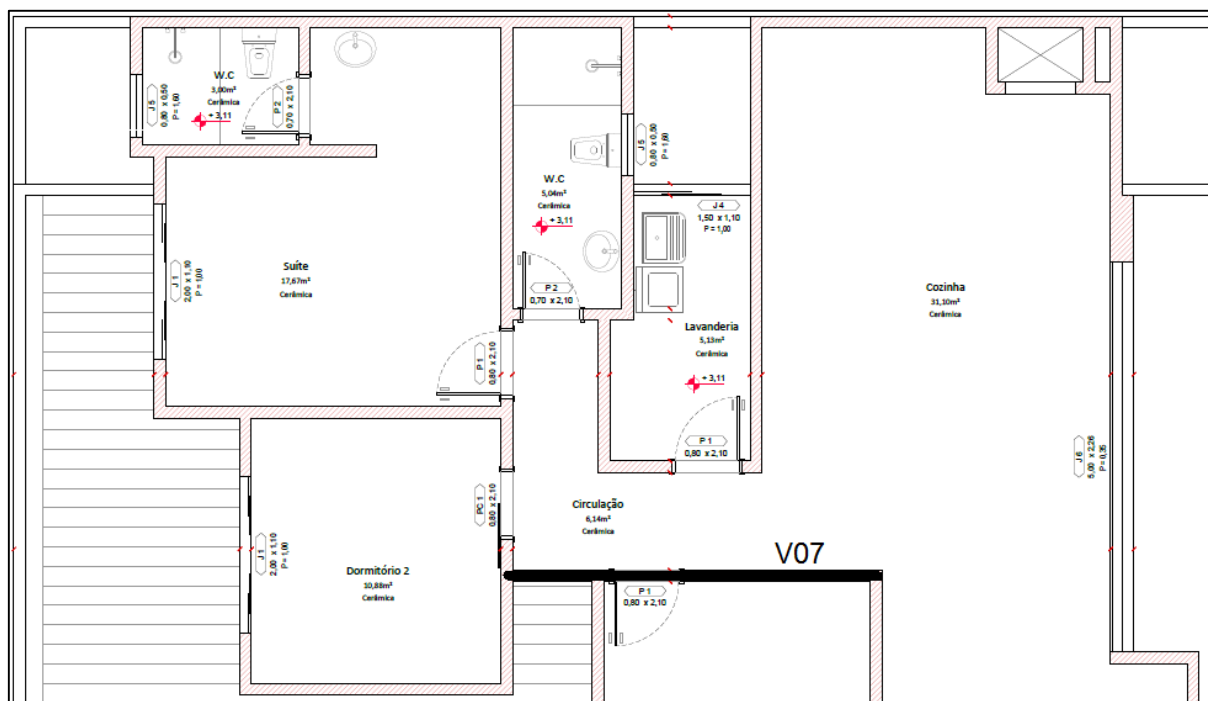


Figura 33 - Localização da Viga 07 na edificação
 Fonte: Adaptado de Negris (2015).

Nota-se que parte da parede apoiada nesta viga, está em contato com o ambiente externo, por este motivo o carregamento de alvenaria em blocos cerâmicos

foi considerado no primeiro segmento da viga, nos dois casos. A Figura 34 e 35 ilustra as cargas aplicadas na viga 07 nos projetos elaborados.

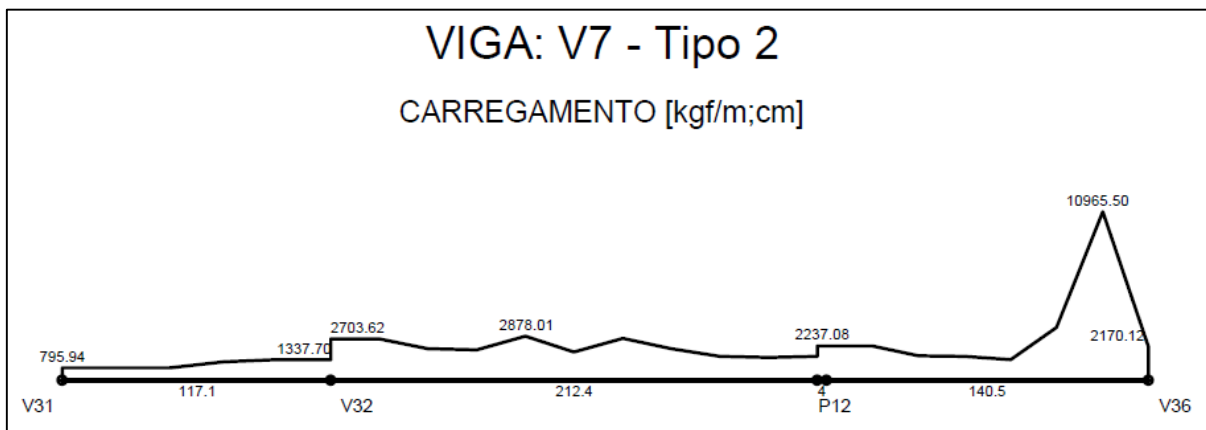


Figura 34 - Carregamentos da V07 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

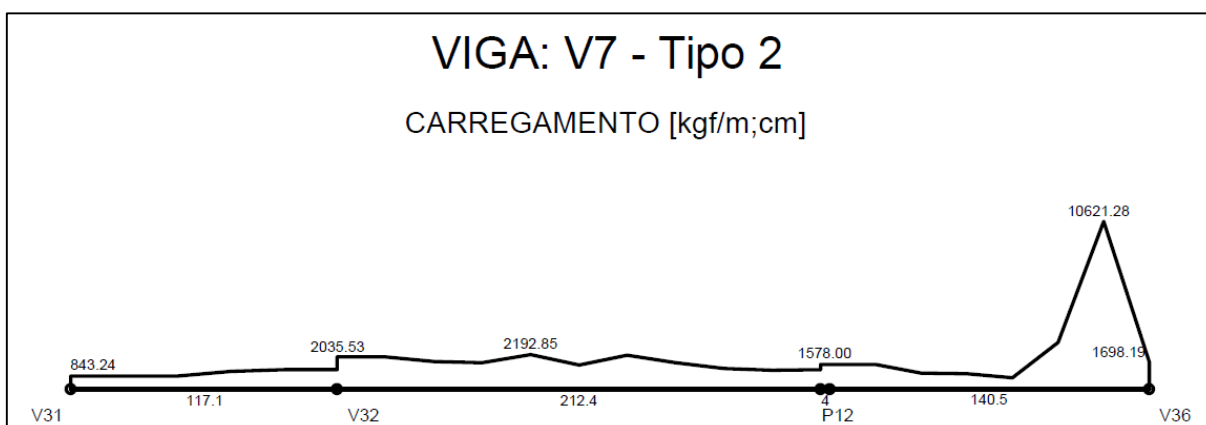


Figura 35 - Carregamentos da V07 no projeto com Drywall
Fonte: Autoria própria (2016).

É possível perceber a intensidade das ações em cada segmento da viga e a interferência de outros elementos no seu carregamento. Na extremidade direita da viga é possível perceber que no caso do *drywall* a carga é até maior que a da alvenaria, mas que o carregamento se comporta de maneira muito parecida nos dois casos, o que comprova que a carga nesse trecho foi mantida nas duas situações. Destaca-se o maior valor obtido, gerado principalmente pela carga de uma laje maciça presente no último trecho da viga. Considerando os altos valores de carregamentos este elemento estrutural possui seção de 20 cm de largura por 60 cm de altura.

Em relação as variações obtidas, nota-se uma diferença de 4% no maior carregamento obtido. Já no segundo maior carregamento a variação representa 24%.

Os diagramas de esforços cortantes gerados pelas cargas demonstradas, podem ser analisados nas Figuras 36 e 37.

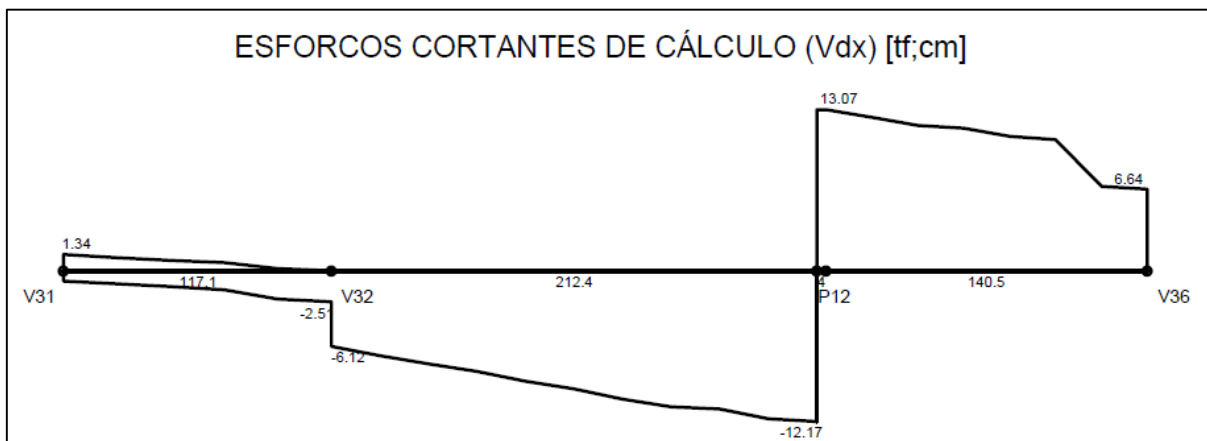


Figura 36 - Esforços cortantes da V07 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

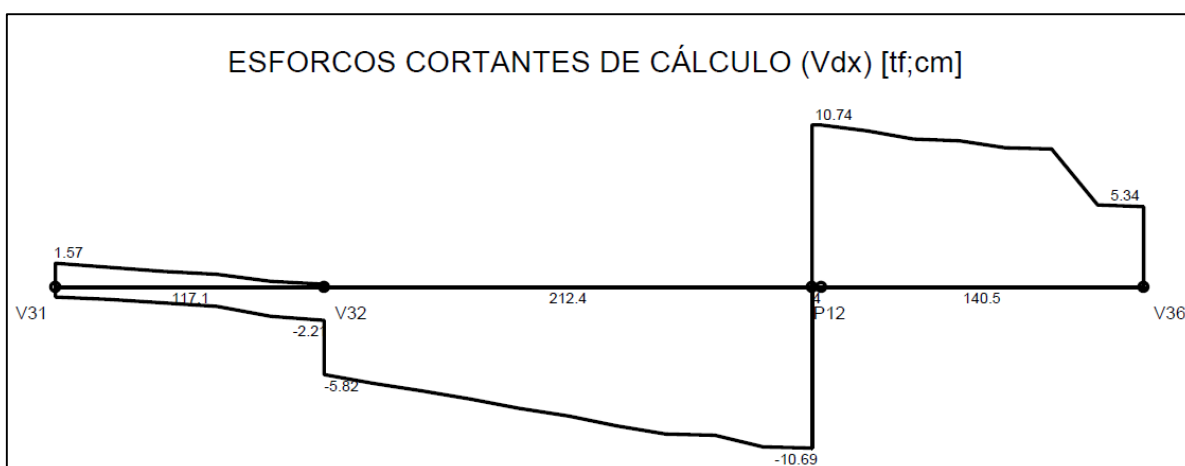


Figura 37 - Esforços cortantes da V07 no projeto com Drywall
Fonte: Autoria própria (2016).

É possível observar nos diagramas acima, locais onde existem dois valores de esforços num mesmo ponto. Essa característica é denominada envoltória limites de esforços, sendo que ela segundo Holtz (2005, p.28), “descreve para um conjunto de cargas móveis ou acidentais, os valores máximos e mínimos deste esforço em cada uma das seções da estrutura”, assim como acontece no esforço causado por um carregamento fixo. O *software* utilizado para o cálculo estrutural nesse trabalho considera os diagramas de esforços cortantes e momentos fletores de todas as combinações de ações possíveis, como mostra a Figura 38.

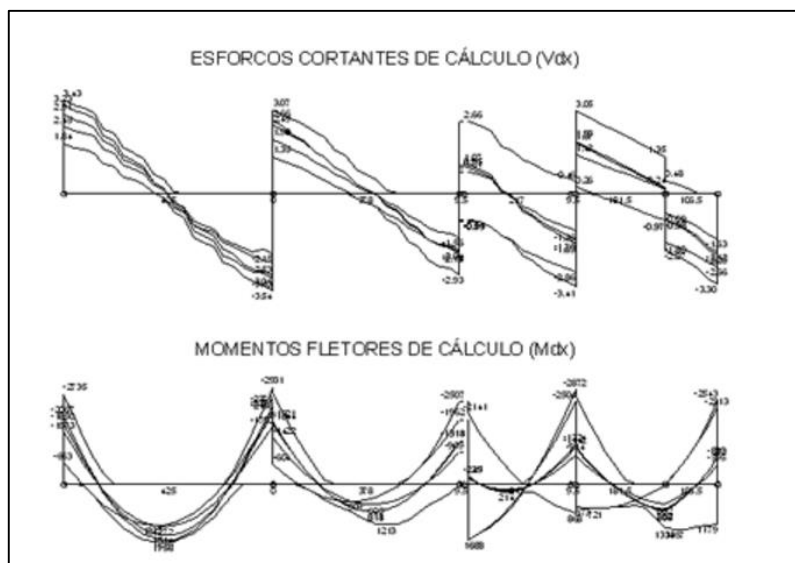


Figura 38 - Esforços gerados pelas combinações de ações
Fonte: Martinelli (2013).

Com base em todas essas combinações é determinado a envoltória, e os valores de máximos e mínimos dela possibilitarão o dimensionamento da estrutura. A influência do carregamento elevado posicionado no último trecho da viga fica evidente diante da variação de esforço cortante presente no encontro desta com o pilar P12 nos dois casos. Os valores encontrados nessa região diferem em 12% no valor mínimo e 17, 8% no valor máximo. As Figuras 39 e 40 apresentam os diagramas de momento fletores de cada projeto.

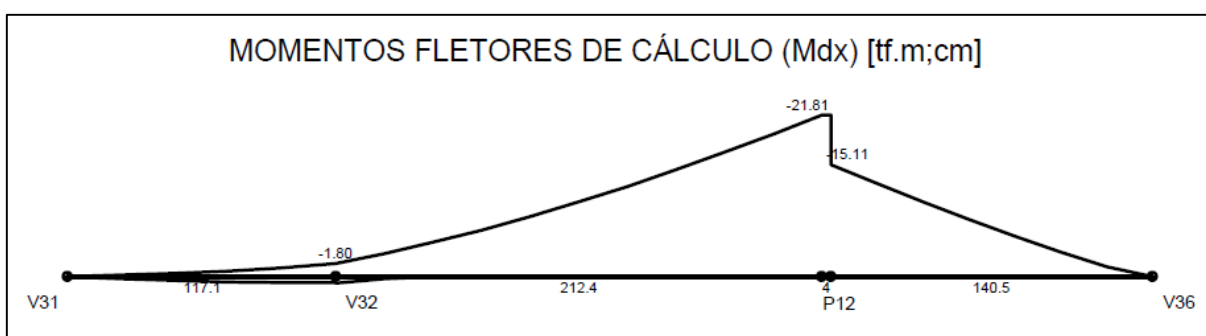


Figura 39 - Momentos fletores da V07 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

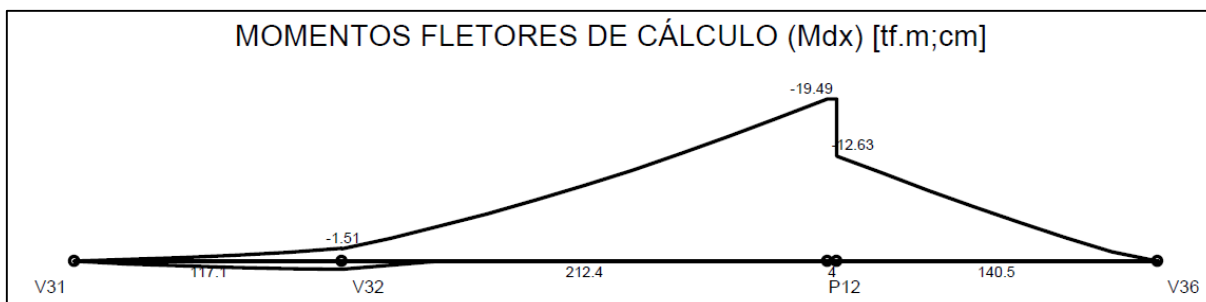


Figura 40 - Momentos fletores da V07 no projeto com *Drywall*
Fonte: A autoria própria (2016).

No ponto onde houve a maior variação de esforço cortante é possível perceber também o valor máximo de momento fletor. Nota-se ainda a presença da envoltória dos esforços assim como nos outros diagramas analisados. Ao comparar os valores obtidos constata-se uma diferença de 10,6% no ponto máximo. A partir dessas informações foi gerado o detalhamento dessa viga para os dois casos juntamente com o resumo de aço. As Figuras 41 e 42 mostram os resumos de aço alcançados nos projetos.

Relação do aço					
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	31	152	4712
CA50	2	6.3	8	484	3872
	3	10.0	3	511	1533
	4	16.0	3	449	1347
	5	16.0	3	514	1542
	6	16.0	3	587	1761

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	38.8	10.4
	10.0	15.4	10.4
	16.0	46.5	80.7
CA60	5.0	47.2	8
PESO TOTAL			
CA50	101.6		
CA60	8		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.59 m³
 Área de forma total = 6.85 m²

Figura 41 - Relação e resumo de aço da V07 – Projeto com Alvenaria
Fonte: A autoria própria (2016).

Relação do aço					
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	29	152	4408
CA50	2	6.3	8	484	3872
	3	10.0	3	511	1533
	4	12.5	2	335	670
	5	12.5	2	440	880
	6	12.5	2	505	1010
	7	12.5	2	588	1176

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	38.8	10.4
	10.0	15.4	10.4
	12.5	37.4	39.6
CA60	5.0	44.1	7.5
PESO TOTAL			
CA50	60.4		
CA60	7.5		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.59 m³
 Área de forma total = 6.85 m²

Figura 42 - Relação e resumo de aço da V07 – Projeto com *Drywall*
Fonte: A autoria própria (2016).

Devido as dimensões da viga V07 é necessário a utilização de armadura de pele, sendo esta composta de barras CA 50 com diâmetro de 6,3 mm. Avaliando os valores totais do peso de aço CA 50 é possível perceber uma diferença de

aproximadamente 40%. A alteração de carregamentos nas vigas possibilitou a diminuição dos diâmetros das barras da armadura longitudinal, o que ocasionou nessa significativa variação do peso da armadura. O detalhamento destas vigas, apresentado no Apêndice A deste trabalho, demonstra de forma clara os diferentes arranjos determinados para a viga V07 em cada caso analisado. As áreas de formas e concreto não foram alteradas, pois a seção da viga continuou a mesma nos dois casos.

A viga 29 foi outra viga analisada. Sua localização pode ser verificada na Figura 43.

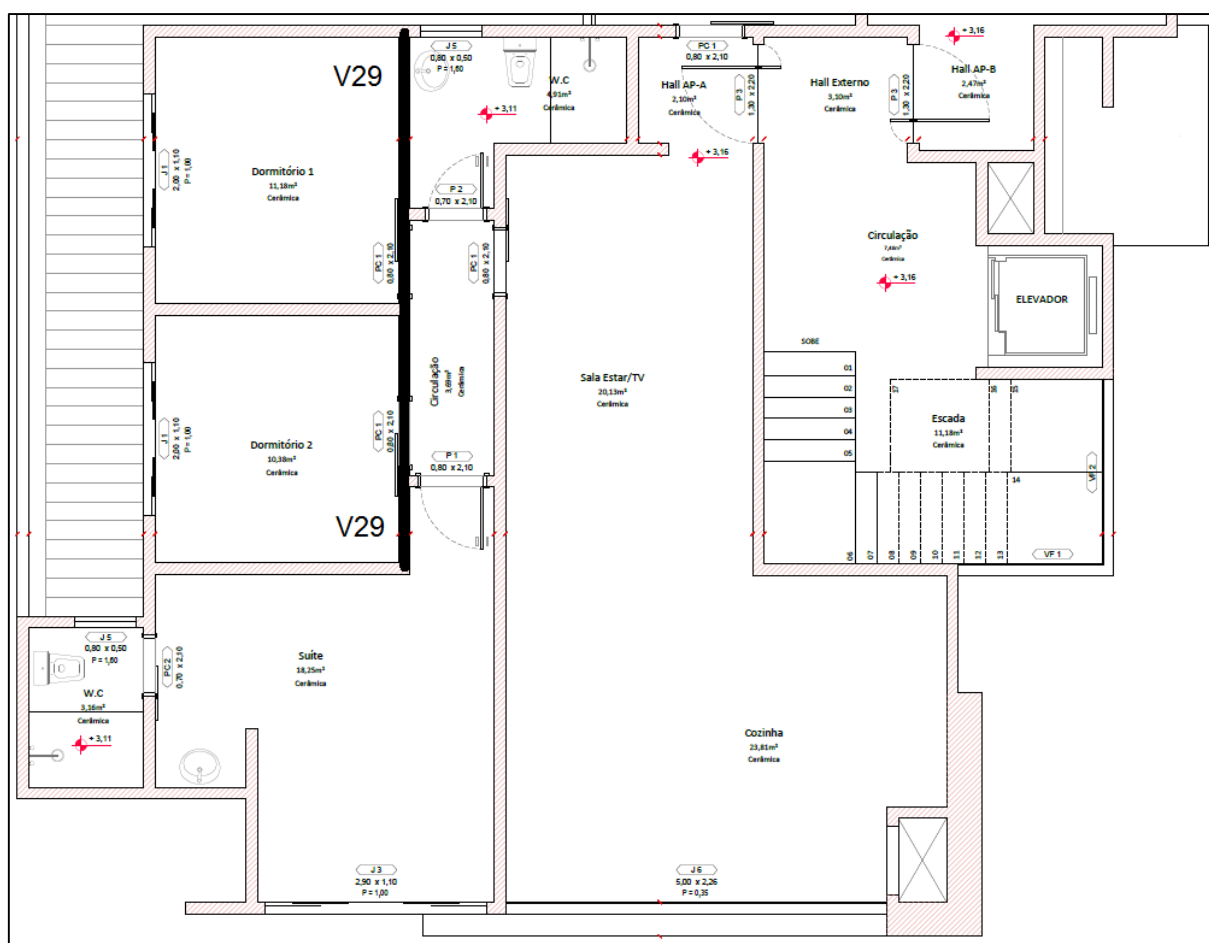


Figura 43 - Localização da Viga 29 na edificação
Fonte: Adaptado de Negris (2015).

Nos três andares que possuem apartamentos a carga da viga 29 foi totalmente modificada, pois como pode ser observado na metodologia, foi utilizado o sistema *drywall* por toda a extensão da parede situada acima dela. Deste modo as solicitações referentes a vedação interna são diferentes em cada projeto calculado. Diante dessas

circunstâncias, os carregamentos obtidos para esta viga no terceiro pavimento, para cada um dos casos podem ser analisados nas Figuras 44 e 45.

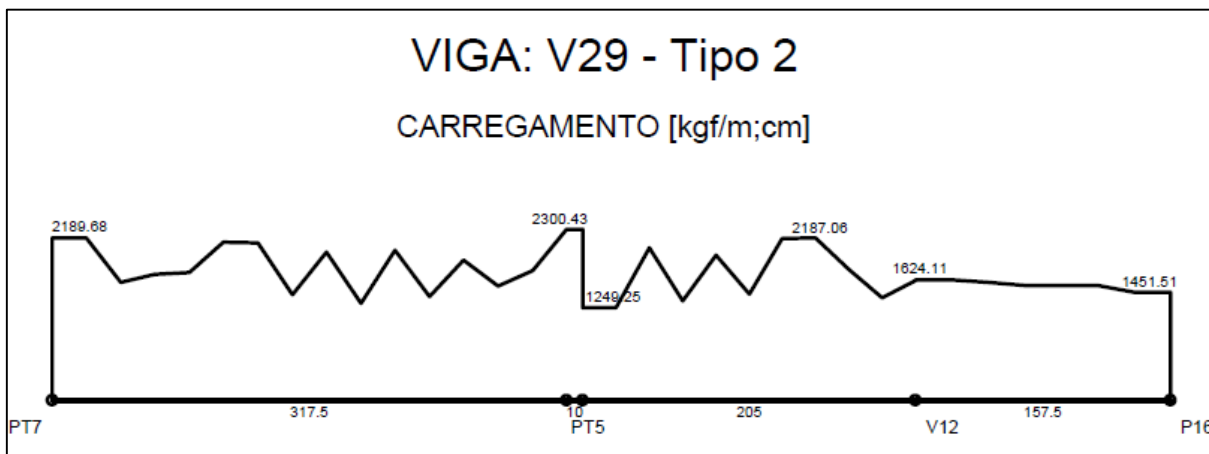


Figura 44 - Carregamentos da V29 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

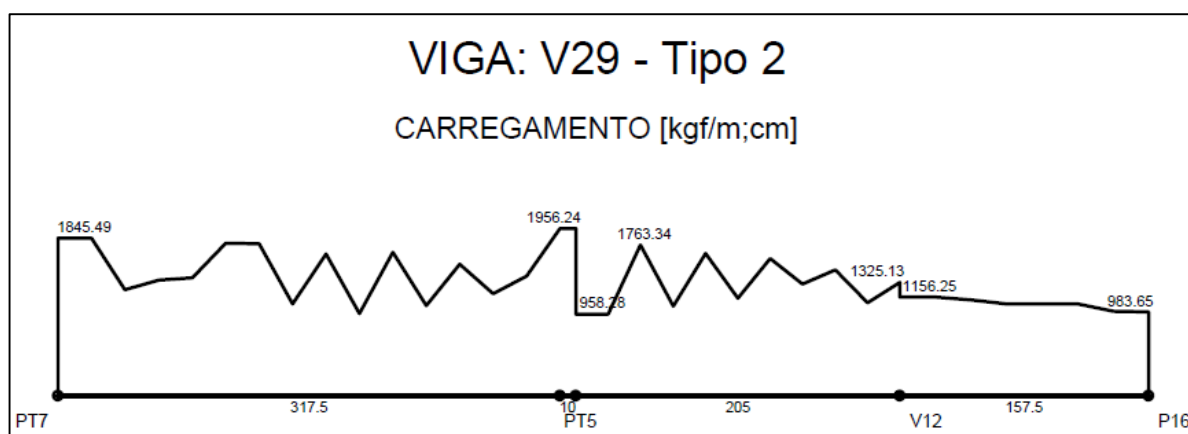


Figura 45 - Carregamentos da V29 no projeto com Drywall
Fonte: Autoria própria (2016).

Entre o apoio esquerdo e o PT5 nota-se o efeito do engaste desta viga no PT7 e certos picos de cargas concentradas ao longo do comprimento. Esses picos são causados pela laje pré-moldada, que possui suas vigotas descarregando na viga. Inclusive é importante salientar que esses valores são tão significativos pois nesse segmento existem duas lajes, uma de cada lado, sendo suportadas por esta viga.

No encontro do pilar PT5 com a viga em questão pode ser verificado uma grande variação de carregamento, além de ser o ponto de maior valor de solicitação. Os picos relacionados a laje pré-moldada aparecem novamente até a viga V12. No diagrama do projeto em *drywall* existem uma pequena diferença no ponto que a viga V12 chega na viga V29, mas no caso do projeto de alvenaria, devido aos altos valores

de carregamentos, essa variação não é identificada. A partir deste encontro, o carregamento apresenta-se de forma mais constante nos dois casos, e isso é influenciado pelo fato de nesse segmento existir somente uma laje pré-moldada com suas vigotas descarregando na viga.

Ao observar os valores dos carregamentos desta viga nos dois projetos percebe-se consideráveis diminuições. Na extremidade esquerda da viga, houve uma redução de carregamentos de aproximadamente 15,7%. Já na extremidade direita este valor apresenta uma diferença de 32,2%. Em relação ao carregamento máximo, que ocorre na área do pilar PT5, pode ser observado uma diferença de aproximadamente 8,7%. Essa diferença de solicitações gerou na viga 29 os diagramas de esforços cortantes mostrados nas Figuras 46 e 47.

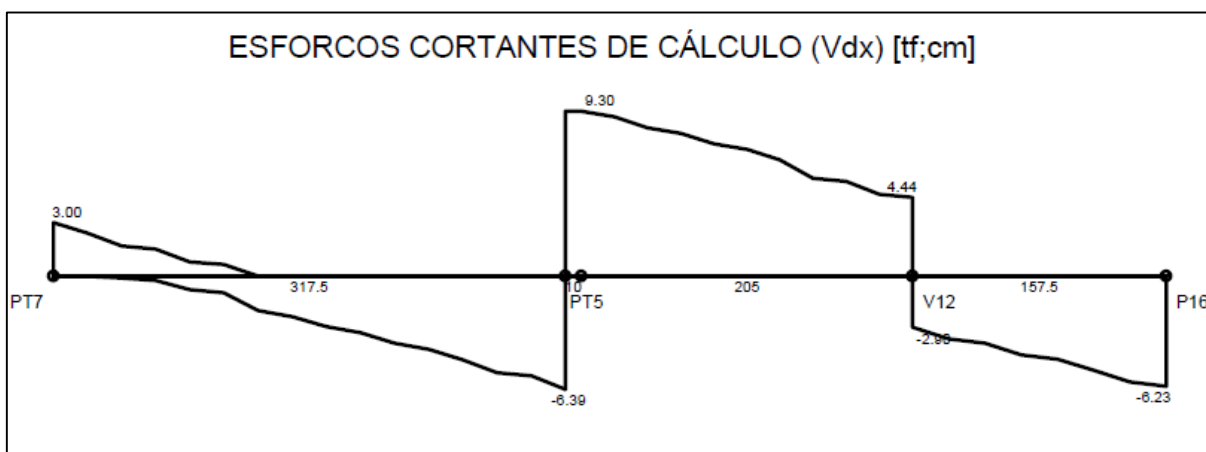


Figura 46 - Esforços cortantes da V29 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

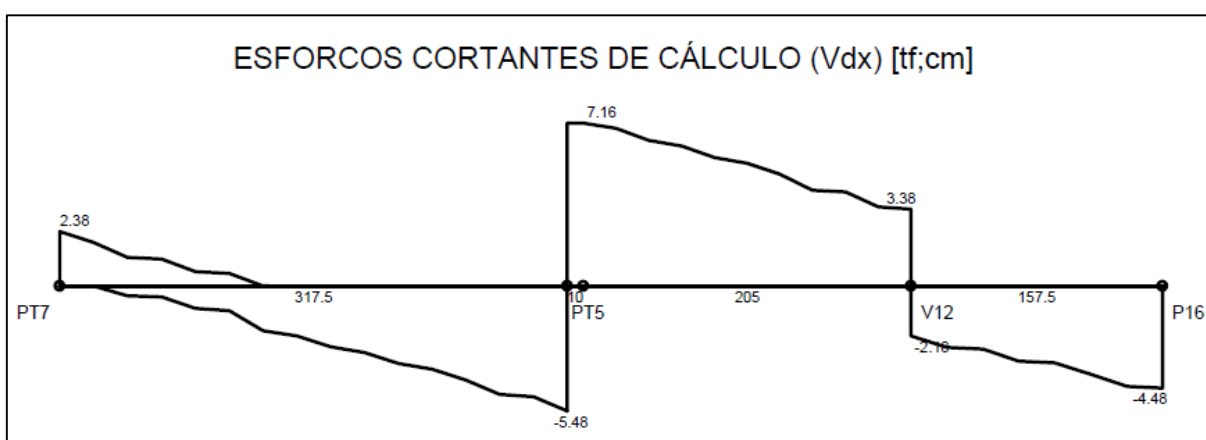


Figura 47 - Esforços cortantes da V29 no projeto com Drywall
Fonte: Autoria própria (2016).

A envoltória dos esforços da viga pode ser observada também nesse diagrama. Analisando o valor máximo positivo obtido no ponto de encontro com o pilar PT5 de cada projeto temos uma variação de aproximadamente 23%, já no valor máximo negativo a diferença é de 14,2%. As Figuras 48 e 49 mostram os diagramas de momentos fletores resultantes de cada de caso.

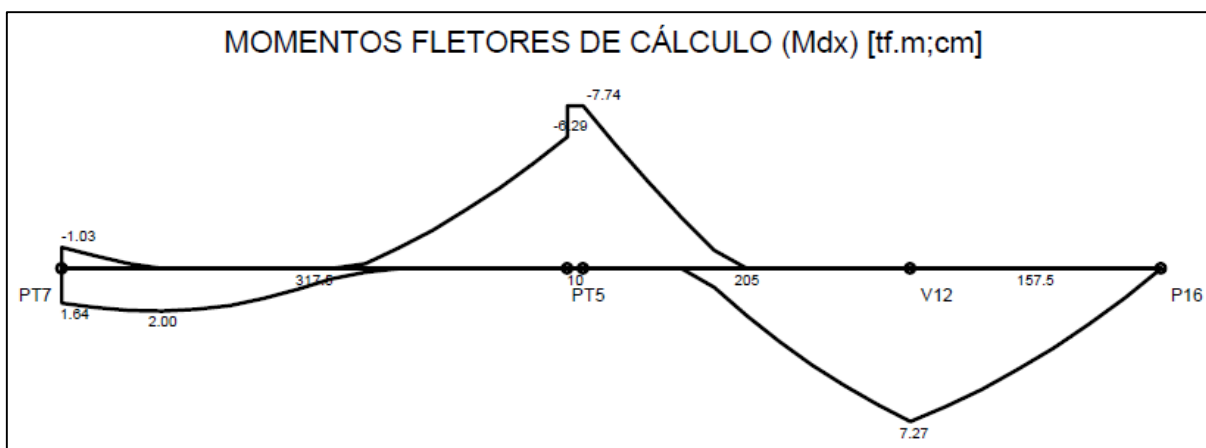


Figura 48 - Momentos fletores da V29 no projeto com Alvenaria
Fonte: Autoria própria (2016).

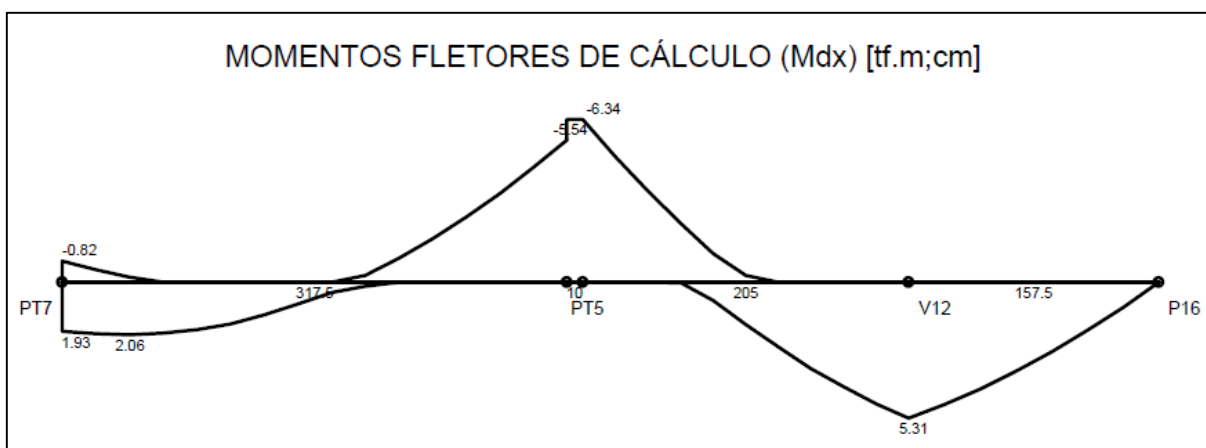


Figura 49 - Momentos fletores da V29 no projeto com Drywall
Fonte: Autoria própria (2016).

Destaca-se nesses diagramas o momento negativo máximo gerado no ponto de maior variação do esforço cortante, sendo a diferenças entre os dois casos de aproximadamente 18,1%. Em relação ao momento positivo que ocorreu no encontro com a viga 12 nota-se a variação de 27%. Com base nesses valores foi obtido as características das armaduras de cada viga. O Apêndice A mostra o detalhamento da viga V29 para cada projeto elaborado. A relação e o resumo de aço podem ser analisados nas Figuras 50 e 51.

Relação do aço					
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	38	132	5016
CA50	2	12.5	2	678	1356
	3	12.5	2	365	730
	4	12.5	2	325	650
	5	12.5	1	585	585
	6	12.5	2	750	1500

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	48.3	51.1
CA60	5.0	50.2	8.5
PESO TOTAL			
CA50	51.1		
CA60	8.5		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
Área de forma total = 8.76 m²

Figura 50 - Relação e resumo de aço da V29 – Projeto com Alvenaria
Fonte: A autoria própria (2016).

Relação do aço					
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	38	132	5016
CA50	2	10.0	3	725	2175
	3	10.0	2	300	600
	4	10.0	1	576	576
	5	10.0	2	751	1502

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	48.6	32.9
CA60	5.0	50.2	8.5
PESO TOTAL			
CA50	32.9		
CA60	8.5		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
Área de forma total = 8.76 m²

Figura 51 - Relação e resumo de aço da V29 – Projeto com Drywall
Fonte: A autoria própria (2016).

A partir dos resumos apresentados acima percebe-se uma diferença de aproximadamente 36% na armadura longitudinal da viga 29. É possível observar também que com a diminuição significativa dos carregamentos e conseqüentemente dos esforços os diâmetros das barras utilizados em cada projeto foi alterado. O detalhamento da viga V29 pode ser encontrado no Apêndice A. Assim como na viga 07 a seção continua inalterada nos dois casos, gerando assim a mesma quantidade de volume de concreto e áreas de fôrmas nos dois casos.

4.4 PILARES

De forma similar as vigas, foi escolhido um pilar para uma análise mais detalhada. O pilar P16, no projeto com alvenaria, teve seu carregamento máximo com valor de 81,16 tf, já no projeto com *drywall*, foi obtido um valor de 73,66 tf. Essa variação representa uma diminuição de 9,2%. Diante da diferença de solicitações obteve-se diferentes esforços e conseqüentemente diferentes armaduras. Considerando todos os pavimentos onde o pilar P16 está presente temos os resumos de aço de acordo com as Figura 52 e 53.

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	60.6	64.2
CA60	5.0	83.2	14.1
PESO TOTAL			
CA50	64.2		
CA60	14.1		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
Área de forma total = 11.02 m²

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	39.6	41.9
CA60	5.0	51.6	8.7
PESO TOTAL			
CA50	41.9		
CA60	8.7		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.46 m³
Área de forma total = 6.39 m²

Figura 52 - Resumo do aço P16 - Projeto com alvenaria
Fonte: Aatoria própria (2016).

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	59.5	40.3
CA60	5.0	110.8	18.8
PESO TOTAL			
CA50	40.3		
CA60	18.8		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
Área de forma total = 11.02 m²

Resumo do aço			
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	35.3	23.9
CA60	5.0	52	8.8
PESO TOTAL			
CA50	23.9		
CA60	8.8		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.36 m³
Área de forma total = 5.06 m²

Figura 53 - Resumo do aço P16 - Projeto com drywall
Fonte: Aatoria própria (2016).

Estas informações foram retiradas do detalhamento do pilar, desta maneira, a primeira tabela de cada figura é referente as armaduras dos três primeiros lances do pilar e segunda, dos dois superiores. A diferença de carregamentos também impactou a armadura dos pilares de forma significativa. A variação na taxa de aço CA 50 observada, ao somar os resumos de cada caso, é de aproximadamente 40%. Percebe-se também um pequeno aumento no volume de concreto e na área da forma. Isso ocorreu devido a diferença de cotas das fundações de cada caso. O detalhamento de cada lance do pilar P16 pode ser melhor verificado no Apêndice B.

4.5 ESTRUTURA DA EDIFICAÇÃO

Analisando os resultados encontrados na estrutura de forma geral, é possível comparar alguns itens interessantes. O total de cargas verticais da estrutura obtida no projeto considerando a alvenaria de blocos cerâmicos como vedação interna foi de 1.200,5 tf. Em contrapartida, no projeto com *drywall*, as cargas verticais totalizaram 1.127,5 tf. O maior fator impactante neste quesito foi a carga adicional que variou de 419 tf, no *drywall*, para 488 tf, na alvenaria de blocos cerâmicos, ou seja 14% mais

leve. Outro dado significativo para comparação foi a relação de carga vertical por metro quadrado, pois no caso da alvenaria, este valor resultou em 1.082 kgf/m², e no *drywall*, 1.016 kgf/m², sendo esta uma diferença de aproximadamente 6%.

Por fim, o quantitativo de materiais (moldados *in loco*) obtido para os dois casos pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 - Quantitativo de materiais

		Projeto com Alvenaria	Projeto com <i>drywall</i>
Peso total + 10% (kg)	CA50	14085,6	12502,4
	CA60	2272,1	2299,2
	Total	16357,8	14801,6
Volume concreto (m ³)	C-25	257,1	251,9
Área de forma (m ²)		2294,8	2292,1
Consumo de aço (kgf/m ³)		63,6	58,7

Fonte: Autoria própria (2016).

Nota-se que, a redução de carregamento nos projetos acarretou numa diminuição de aproximadamente 10% do peso total de aço das estruturas. É possível verificar também que o volume de concreto e a área de formas apresentam uma variação mínima resultante da mudança da espessura da laje L6 no projeto com alvenaria, conforme explicado no item 4.2 deste trabalho, além de algumas fundações necessitarem de uma maior profundidade.

4.6 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

Para a realização de uma estimativa orçamentário dos principais itens que compõe a estrutura, conforme citado na metodologia deste trabalho, foram solicitados valores de mercado obtidos na cidade de Pato Branco para 4 empresas, sendo duas delas, fornecedoras de concreto e outras duas, fornecedoras de aço. As Tabelas 12 e 13 mostram os custos obtidos e a média para utilização.

Tabela 12 - Custo do m³ de concreto na cidade de Pato Branco - PR

	Concreto
Empresa 1	R\$ 315,00
Empresa 2	R\$ 310,00
Média	R\$ 312,50

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 13 - Custos do kg de barras de aço em Pato Branco - PR

	Empresa 3	Empresa 4	Média
CA 60 - 5.0 mm	R\$ 3,60	R\$ 4,10	R\$ 3,85
CA 50 - 6.3 mm	R\$ 3,60	R\$ 4,10	R\$ 3,85
CA 50 - 8.0 mm	R\$ 3,60	R\$ 4,60	R\$ 4,10
CA 50 - 10.0 mm	R\$ 3,50	R\$ 4,60	R\$ 4,05
CA 50 - 12.5 mm	R\$ 3,34	R\$ 3,75	R\$ 3,55
CA 50 - 16.0 mm	R\$ 3,34	R\$ 3,75	R\$ 3,55
CA 50 - 20.0 mm	R\$ 3,34	R\$ 3,75	R\$ 3,55

Fonte: Autoria própria (2016).

Considerando o resumo detalhado de materiais, encontrados através do *software* utilizado, foi realizado a estimativa de custos destes itens para cada projeto, como mostram as Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Estimativa orçamentária de aço - Projeto com alvenaria

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)	Custo por kg	Custo Total
CA50	6.3	2246,1	R\$ 3,85	R\$ 8.647,49
CA50	8.0	1067,5	R\$ 4,10	R\$ 4.376,75
CA50	10.0	4822,2	R\$ 4,05	R\$ 19.529,91
CA50	12.5	3268,0	R\$ 3,55	R\$ 11.601,40
CA50	16.0	1435,8	R\$ 3,55	R\$ 5.097,09
CA50	20.0	1246,0	R\$ 3,55	R\$ 4.423,30
CA60	5.0	2272,1	R\$ 3,85	R\$ 8.747,59
TOTAL				R\$ 62.423,52

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 15 - Estimativa orçamentária de aço - Projeto com *drywall*

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)	Custo por kg	Custo Total
CA50	6.3	2014,5	R\$ 3,85	R\$ 7.755,83
CA50	8.0	3531,1	R\$ 4,10	R\$ 14.477,51
CA50	10.0	4155,3	R\$ 4,05	R\$ 16.828,97
CA50	12.5	1690,7	R\$ 3,55	R\$ 6.001,99
CA50	16.0	673,2	R\$ 3,55	R\$ 2.389,86
CA50	20.0	437,6	R\$ 3,55	R\$ 1.553,48
CA60	5.0	2299,2	R\$ 3,85	R\$ 8.851,92
TOTAL				R\$ 57.859,55

Fonte: Autoria própria (2016).

Para os valores obtidos em relação ao concreto, a Tabela 16 apresenta os custos totais de cada projeto.

Tabela 16 - Custos do concreto para cada projeto

	Quantidade por m ³	Custo por m ³	Custo Total
Projeto com alvenaria	257,10	R\$ 312,50	R\$ 80.343,75
Projeto com <i>drywall</i>	251,90	R\$ 312,50	R\$ 78.718,75

Fonte: Autoria própria (2016).

Deste modo, o custo total dos itens orçados para cada projeto pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17 - Custos totais obtidos para cada projeto (concreto + aço)

	Custo Total
Projeto com alvenaria	R\$ 142.767,27
Projeto com <i>drywall</i>	R\$ 136.578,30

Fonte: Autoria própria (2016).

É possível perceber que a diferença de carregamentos gerou uma diferença de custos de aproximadamente 4,3% nos itens analisados. Com esse resultado conclui-se que a escolha antecipada do sistema de vedação interna para um edifício pode gerar na estrutura consideráveis diferenças. Nesse estudo, ao comparar a alvenaria de blocos cerâmicos, com o sistema *drywall*, que possui um peso específico seis vezes menor, foram obtidos resultados bastante significativos. Embora, seja importante salientar que a diminuição no valor da estrutura é apenas um fator estudado diante de vários outros que devem ser considerados para a obtenção de um real custo da implantação de um sistema de vedação em uma edificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou as características da estrutura de um edifício diante da utilização de diferentes sistemas de vedação vertical interna, a alvenaria de blocos cerâmicos e o *drywall*. Mesmo sendo empregados para a mesma função, foi possível verificar ao longo do estudo as diversas diferenças entre os mesmos, assim como as vantagens e desvantagens de cada um.

Diante deste tema, foi selecionado o projeto arquitetônico de uma edificação de cinco pavimentos, para a realização das comparações desejadas. O lançamento de estrutura e o pré-dimensionamento dos elementos foram baseados no projeto estrutural executado do edifício. Para a concepção dos projetos estruturais a serem analisados, adotou-se diversas considerações referentes a características dos materiais empregados, cargas aplicadas, e configurações da estrutura. Em posse de todos esses dados foram calculados dois projetos estruturais para a mesma edificação, com o auxílio do *software* Eberick, sendo que a única diferença entre ambos se referia aos carregamentos aplicados em certos elementos estruturais, causados pela utilização de distintos tipos de vedações vertical interna.

As diferenças estruturais resultantes da comparação dos projetos elaborados foram observadas a partir das análises dos diagramas de esforços cortantes e momentos fletores e das taxas de armaduras dos elementos analisados. Foi possível perceber o significativo impacto da diferença de carregamentos nos valores dos esforços, e como consequência foram obtidas configurações de armaduras com relevante variação de peso.

Conclui-se também que certos elementos estruturais sofreram maior impacto nas suas características que outros. As vigas, por exemplo, apresentaram em alguns casos, alterações nos diâmetros das barras das armaduras longitudinais, o que acarretou numa redução de armadura de aproximadamente 40% em uma delas. As variações de maior ordem aconteceram em locais diretamente influenciados pela mudança de carregamento, mas foi possível concluir também, que existiu certa interferência em elementos mais afastados.

Com base nos quantitativos de materiais encontrados foi também realizada uma análise orçamentária para identificar o impacto destas variações. Utilizando uma média dos custos de concreto e aço nas empresas pesquisadas da cidade de Pato

Branco, verificou-se uma diferença de aproximadamente 4,3% nos valores das estruturas avaliadas.

O presente estudo possibilitou concluir que a escolha prévia do sistema de vedação vertical interna de uma edificação pode alterar de forma significativa as características e custos de uma estrutura. De forma mais específica foi possível averiguar as vantagens da utilização do sistema *drywall*, que além de ter uma execução mais rápida e prática alivia os carregamentos da estrutura.

As conclusões deste trabalho demonstram as variações referentes a apenas um dos fatores que podem influenciar na escolha do sistema de vedação vertical interna, a estrutura do edifício. Contudo, é preciso considerar diversos outros aspectos que influenciam e são influenciados por esta escolha, para se obter uma avaliação global do projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos – Procedimentos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

Associação Brasileira de *Drywall*. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/index.php>> Acesso em: Abril de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE *DRYWALL*. **Manual de Montagem de Sistemas *Drywall***. 1 ed. São Paulo: Pini, 2004.

ALVA, G. M. S. de. **Concepção Estrutural de Edifícios em Concreto Armado**. Departamento das Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://ead.ime.eb.br/pluginfile.php/15112/mod_resource/content/1/Concepcao_Estrutural%20Edifícios_Concreto%20UFSC.pdf> Acesso em:

Blocos cerâmicos. CASA E CONSTRUÇÃO ORIENTA, 2013. Disponível em: <<http://www.cecorienta.com.br/perguntas/como-escolher-bloco-ceramico/378>> Acesso em: Abril de 2016.

CARASEK, H.; ISAIA G. C. **Argamassas. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, 1ª ed., v.2, Cap. 27, São Paulo, 2007.

CAMPOS, I. M. **Procedimentos e cuidados na execução de alvenaria**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Fórum da Construção, 2012. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=119>> Acesso em: Abril de 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **PIB 2015**. Banco de Dados, 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/home/pib-2015>> Acesso em: Abril de 2016.

COMISSÃO DE MATERIAIS E TECNOLOGIA (COMAT) - **Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON)**. Sistema *Drywall*. Minas Gerais, 2009-2012. Disponível em: <http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/cartilha_qualimat_sistema_drywall.pdf> Acesso em: Abril de 2016.

CARVALHO, R.C.; FILHO J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:2014. Ed.4. EdUFSCAR, São Carlos, 2014.

CORRÊA, R. M.; NAVIERO, R. M. Importância do ensino da integração dos projetos de arquitetura e estrutura de edifícios: fase de lançamento das estruturas. In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.5p.

ESTATÍSTICA das construções. Notas de Aula - 55, ENG 298, Universidade Federal da Bahia, [200-].

FRANCO, L. S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais**. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998 P.95-112.

Gesso acartonado: Solução eficiente para o uso comercial e residencial. Qualidade na Construção. SIDUSCON - SP. Revista - nº 26 - abril/maio 2002. Disponível em: <<http://notes.abcp.org.br:8080/producao/clipp/clipp.nsf/59dac160bc7df2ba03256aef00407549/441ccba754c39c8283256b9c006a0383?OpenDocument>> Acesso em: Abril de 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas, 4ª ed. São Paulo, 2002.

GIONGO, J.S. **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

Gypsum. **Paredes**. Sistemas Gypsum *Drywall*. 2016. Disponível em: <<http://www.gypsum.com.br/web/pt/produtos/paredes.htm>> Acesso em: abril de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa industrial: inovação tecnológica. 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: abril de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PIB 2015. Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/menu/home/pib-2015>> Acesso em: abril de 2016.

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Brasília, 2012.

HOLTZ, G. C. C. **Traçado automático de envoltórias de esforços em estruturas planas utilizando um algoritmo evolucionário**. Dissertação de Mestrado. 2005. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LEGGERINI, M. R. C. **Argamassa de revestimento**. Materiais, técnicas e estruturas I. Faculdade de Engenharia - FENG, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010.

LIMA L. **Cidades sustentáveis reduzem impactos ambientais**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/6670-cidades-sustentaveis-reduzem-impactos-ambientais>> Acesso em: abril de 2016.

MARTINELLI M. **Visualizações de combinações nos diagramas**. Alto Qi, Base de conhecimento, 2013. Disponível em: < <http://faq.altoqi.com.br/content/228/252/pt-br/visualiza%C3%A7%C3%A3o-de-combina%C3%A7%C3%B5es-nos-diagramas.html>> Acesso em: junho de 2016.

MARINOSKI D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo**. ARQ 5663 – Tecnologia da Edificação III. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

MEDEIROS, M. **Vedações Verticais (Parte 1)**. Grupo de Materiais de Construção. Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

MELHADO, S.B. **O processo de projeto no contexto da busca de competitividade**. In: Anais do Seminário Internacional - Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios. São Paulo, EPUSP/PCC, 1997, p. 7-51.

MORAES, M. **Argamassa de assentamento e revestimento**. MACO II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2013.

OLIVEIRA, D. R. B. **Estudo comparativo de alternativas para vedações internas de edificações**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007. Disponível em: < file:///C:/Users/win8/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf> Acesso em: maio de 2016.

PLACO. **Sistemas Placostil**. Manual de especificação e instalação. Saint – Gobain, 2013.

Revestimentos de argamassa: Materiais. Comunidade da Construção. Sistemas a base de cimento, 2002. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/materiais/qualidade/71/materiais.html>> Acesso em: abril de 2016.

RODRIGUES, S.; DINIZ C.; KOVACS V. **Drywall: entenda como funciona esse sistema de construção**. Arquitetura e Construção, 2014. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/drywall-entenda-como-funciona-esse-sistema-de-construcao>> Acesso em: abril de 2016.

SABBATINI, F.H. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios**. São Paulo: EPUSP-PCC, 2003.

SABBATINI, F.H. O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado. In; I Seminário Tecnologia Gestão na Produção de Edifícios, Vedações Verticais, São Paulo; EPUSP, 1998. P. 21-48.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo de Fachadas de Edifícios**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

SILVA, F. B. da. **Revestimento de Gesso Projetado**. São Paulo, 2012. Revista Techne. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/178/artigo244749-1.asp>> Acesso em: abril de 2016.

SOUZA H. de. **Alvenaria – Referência Histórica**. Faculdade de Engenharia. Universidade de Porto, 2002.

TANIGUTI, E.K. **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

THOMAZ E.; FILHO C.V.M.; CLETO F. da R.; CARDOSO F. F. **Código de obras nº 01 – Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, S.A. São Paulo, 2009.

ZULIAN, C. S.; DONÁ E. C.; VARGAS C. L. **Alvenaria**. Notas de Aula da Disciplina de Construção Civil. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2002.

APÊNDICES

Apêndice A – Detalhamentos das vigas analisadas

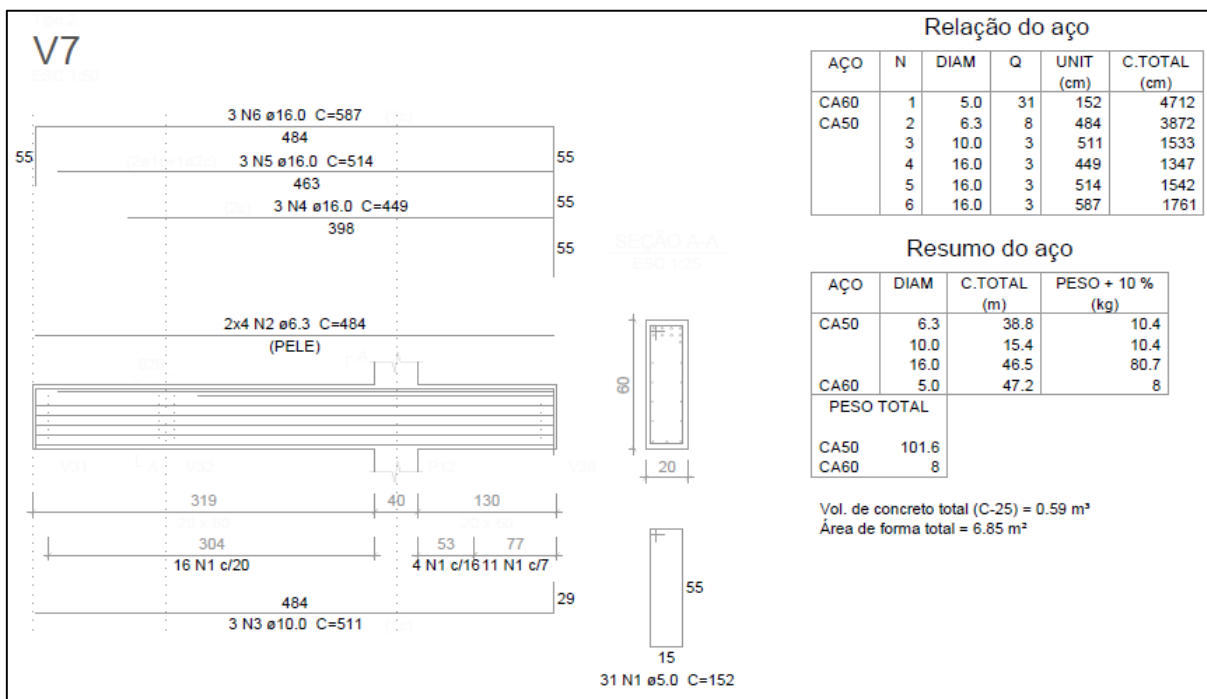


Figura A1: Detalhamento da Viga V07 no projeto com alvenaria

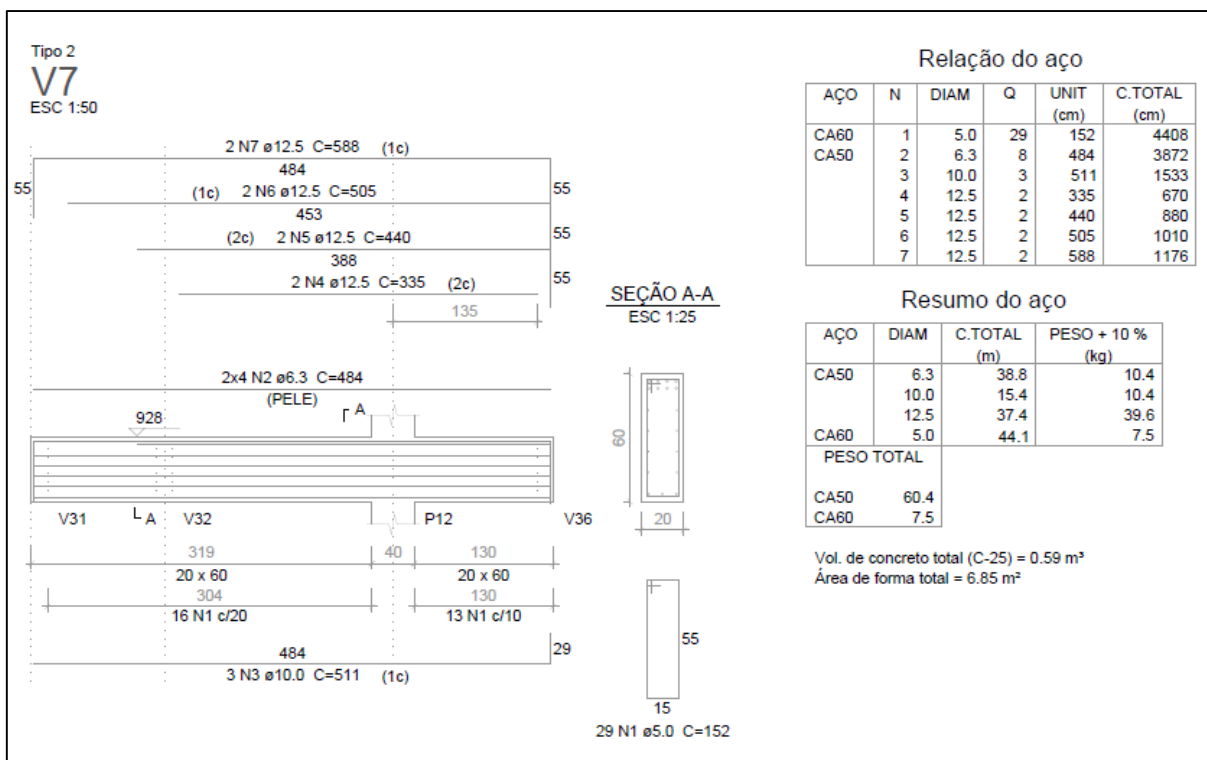


Figura A2: Detalhamento da Viga V07 no projeto com *drywall*

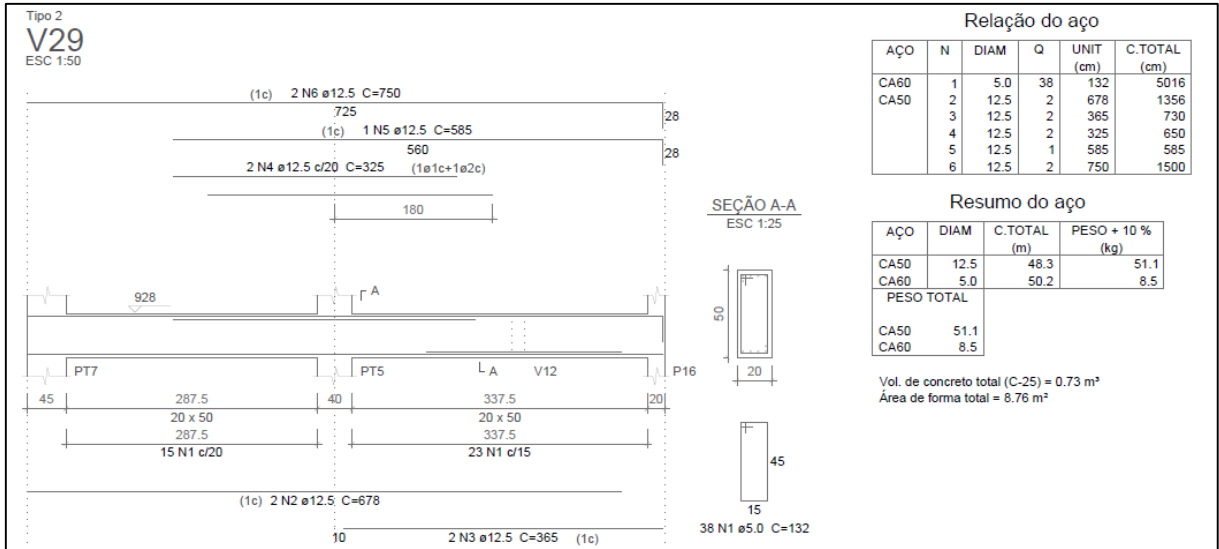


Figura A3: Detalhamento da Viga V07 no projeto com alvenaria

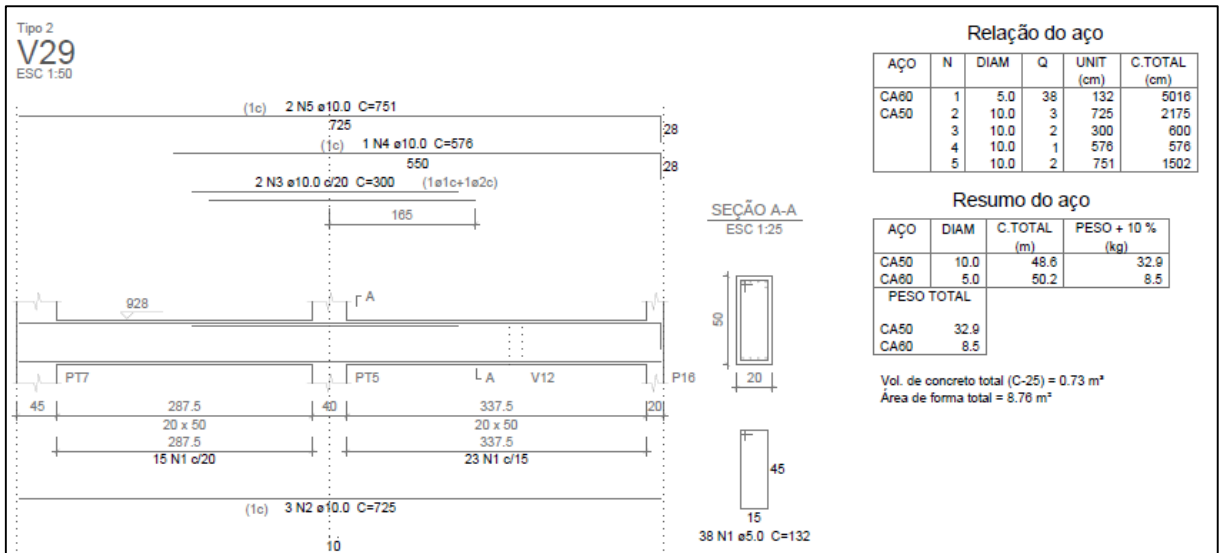


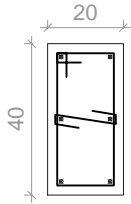
Figura A4: Detalhamento da Viga V07 no projeto com drywall

Apêndice B - Detalhamento dos pilares analisados

P16 - DRYWALL - LANCES 1, 2 E 3

PRIMEIRO PAVIMENTO - L3

ESC 1:20



15
26 N3 ϕ 5.0 C=112
26 N4 ϕ 5.0 C=30



38

316

311

6 N8 ϕ 10.0 C=349

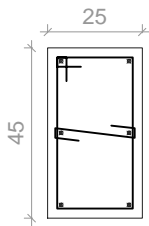
311

26 N3 c/12

ESC 1:25

TERREO - L2

ESC 1:20



20
40
4 N1 ϕ 5.0 C=132
4 N2 ϕ 5.0 C=35



38

5

40

6 N6 ϕ 10.0 C=78

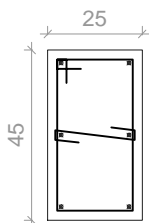
40

4 N1 c/12

ESC 1:5

FUNDACAO - L1

ESC 1:20



20
40
5 N1 ϕ 5.0 C=132
5 N2 ϕ 5.0 C=35



38

-35

55

6 N5 ϕ 10.0 C=111

55

5 N1 c/12

ESC 1:25

20

-90

P16 - DRYWALL - LANCES 1, 2 E 3

Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	9	132	1188
	2	5.0	9	35	315
	3	5.0	26	112	2912
	4	5.0	26	30	780
CA50	5	10.0	6	111	666
	6	10.0	6	78	468
	7	10.0	6	349	2094

Resumo do aço

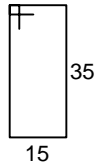
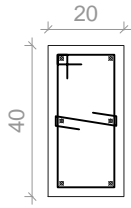
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	35.3	23.9
CA60	5.0	52	8.8
PESO TOTAL			
CA50	23.9		
CA60	8.8		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.36 m³
 Área de forma total = 5.06 m²

P16 - DRYWALL - LANCES 4 E 5

TIPO 2 - L5

ESC 1:20



26 N1 ø5.0 C=112
26 N2 ø5.0 C=30

N2

38

928

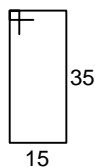
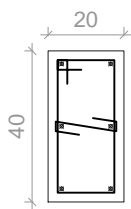
306
6 N3 ø10.0 C=344

306
26 N1 c/12

ESC 1:25

TIPO 1 - L4

ESC 1:20



26 N1 ø5.0 C=112
26 N2 ø5.0 C=30

N2

38

622

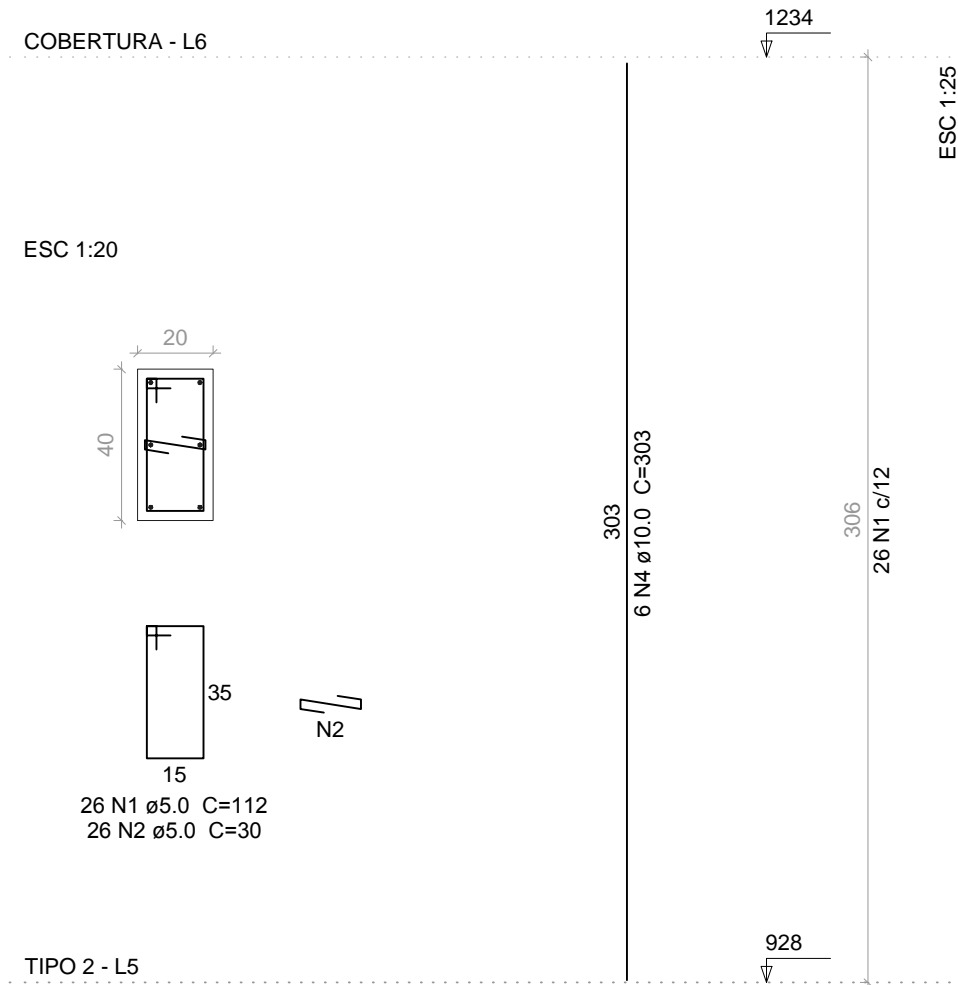
306
6 N3 ø10.0 C=344

306
26 N1 c/12

ESC 1:25

316

P16 - DRYWALL - LANCE 6



P16 - DRYWALL - LANCES 4, 5 E 6

Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	78	112	8736
	2	5.0	78	30	2340
CA50	3	10.0	12	344	4128
	4	10.0	6	303	1818

Resumo do aço

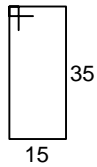
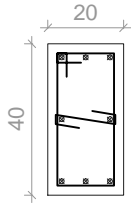
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	59.5	40.3
CA60	5.0	110.8	18.8
PESO TOTAL			
CA50	40.3		
CA60	18.8		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
Área de forma total = 11.02 m²

P16 - ALVENARIA - LANCES 1, 2 E 3

PRIMEIRO PAVIMENTO - L3

ESC 1:20



21 N3 ø5.0 C=112
21 N4 ø5.0 C=30



47

316

311

6 N7 ø12.5 C=358

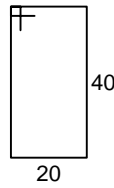
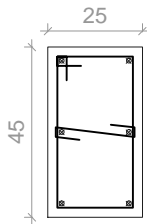
311

21 N3 c/15

ESC 1:25

TERREO - L2

ESC 1:20



3 N1 ø5.0 C=132
3 N2 ø5.0 C=35



47

5

40

6 N6 ø12.5 C=87

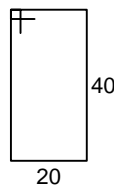
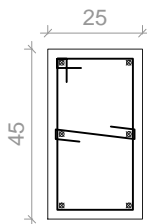
40

3 N1 c/15

ESC 1:5

FUNDACAO - L1

ESC 1:20



10 N1 ø5.0 C=132
10 N2 ø5.0 C=35



47

-35

150

6 N5 ø12.5 C=214

150

10 N1 c/15

ESC 1:25

20

-185

P16 - ALVENARIA - LANCES 1, 2 E 3

Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	13	132	1716
	2	5.0	13	35	455
	3	5.0	21	112	2352
	4	5.0	21	30	630
CA50	5	12.5	6	214	1284
	6	12.5	6	87	522
	7	12.5	6	358	2148

Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	39.6	41.9
CA60	5.0	51.6	8.7
PESO TOTAL			
CA50	41.9		
CA60	8.7		

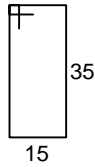
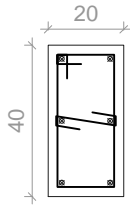
Vol. de concreto total (C-25) = 0.46 m³

Área de forma total = 6.39 m²

P16 - ALVENARIA - LANCES 4 E 5

TIPO 2 - L5

ESC 1:20



21 N1 \varnothing 5.0 C=112
21 N2 \varnothing 5.0 C=30

N2

47

928

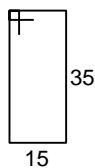
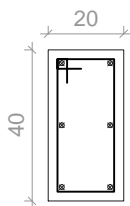
306
6 N3 \varnothing 12.5 C=353

306
21 N1 c/15

ESC 1:25

TIPO 1 - L4

ESC 1:20



21 N1 \varnothing 5.0 C=112

47

622

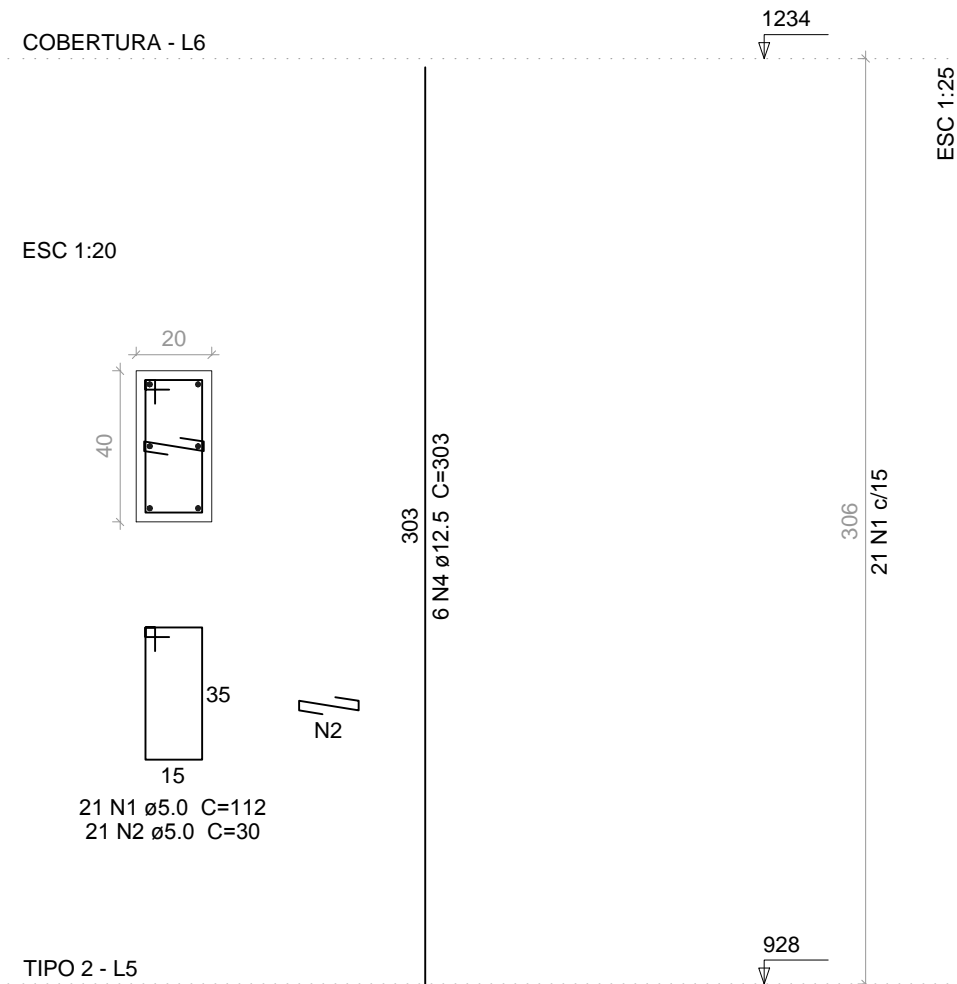
306
6 N3 \varnothing 12.5 C=353

306
21 N1 c/15

ESC 1:25

316

P16 - ALVENARIA - LANCE 6



P16 - ALVENARIA - LANCES 4, 5 E 6

Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	63	112	7056
	2	5.0	42	30	1260
CA50	3	12.5	12	353	4236
	4	12.5	6	303	1818

Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	60.6	64.2
CA60	5.0	83.2	14.1
PESO TOTAL			
CA50	64.2		
CA60	14.1		

Vol. de concreto total (C-25) = 0.73 m³
 Área de forma total = 11.02 m²