

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL – 10º PERIODO

LUIZ OTÁVIO ANDREATTA SCHMIDT

**A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL NO
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL: uma comparação entre a alvenaria de bloco
cerâmico, o *light steel frame* e o *drywall***

**VARGINHA
2016**

LUIZ OTÁVIO ANDREATTA SCHMIDT

**A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL NO
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL: uma comparação entre a alvenaria de bloco
cerâmico, o *light steel frame* e o *drywall***

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do professor M.Sc. Antônio de Faria.

**VARGINHA
2016**

LUIZ OTÁVIO ANDREATTA SCHMIDT

**A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL NO
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL: uma comparação entre a alvenaria de bloco
cerâmico, o *light steel frame* e o *drywall***

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG), como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 29/11/2016.

Prof. M.Sc. Antônio de Faria

Prof. Leopoldo Freire

Eng^o Yago Petrim Cruz

Dedico este trabalho à minha mãe, que é o pilar desta jornada e sem ela nada se faria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, que soube entender as minhas escolhas. Aos colegas e amigos, por tornarem esta jornada única. E aos meus professores que, com maestria, não fizeram aceitar o verdadeiro sem saber evidentemente o que é. E, em especial, ao meu orientador, Prof. Faria, que apesar de toda correria, se mostrou sempre tranquilo e solícito aos meus questionamentos.

“Cada pessoa tem sua caminhada própria. Faça o melhor que puder. Seja o melhor que puder. O resultado virá na mesma proporção de esforço”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

A construção civil no Brasil sempre foi considerada tradicional e conservadora, porém este panorama vem mudando desde a abertura do mercado nos anos 90. O atual cenário da construção civil exige dos profissionais envolvidos soluções que tornem o canteiro de obras cada vez mais eficientes, ambientalmente sustentáveis e com custos competitivos. Para atender esta demanda, a vedação vertical tem se destacado como um dos sistemas da edificação com mais novidades apresentadas pelo mercado. Cada vez mais os construtores têm optado por sistemas diferentes da tradicional alvenaria de bloco cerâmico. Porém é preciso saber como estes novos sistemas interagem com os demais sistemas da edificação. O presente estudo tem por objetivo fazer uma análise sobre os sistemas de vedação em alvenaria de blocos cerâmicos, o *light steel frame* e o *drywall*, e a verificação das influências de suas ações no dimensionamento de estruturas em concreto armado. Para isto, foi elaborado um estudo de caso sobre uma edificação com 10 pavimentos, dimensionada com os três tipologias vedações verticais citadas. Constatou-se que os sistemas de vedação vertical têm grande influência no dimensionamento de estruturas, inclusive nos parâmetros de Gama Z. Porém as reduções encontradas nos quantitativos de materiais e nas cargas finais, não são proporcionais às reduções provenientes das ações diretas dos diferentes tipos de vedações estudadas.

Palavras-chave: Vedações verticais. Alvenaria. *Light Steel Frame*. *Drywall*.

ABSTRACT

The construction industry in Brazil has always been considered traditional and conservative. Important measures taken since the 1990s to liberalize and open the economy have significantly changing this perspective. The current scenario requires related professionals to make more efficient works, environmentally sustainable and at competitive costs. To meet this demand, vertical sealing has emerged as one of the most innovative building systems in the market. More and more builders have moved away from the traditional ceramic block masonry system. In this context, it is critical to understand how the emerging buildings systems interact with traditional systems. This study aims to analyze the sealing systems: ceramic blocks masonry, light steel frame and drywall, to later be verified the influence of the actions of these systems in the project of structures in reinforced concrete. A case study was prepared about a 10 floor building where three models with different compositions of vertical sealings have been applied. It was verified that vertical sealing systems have a great influence on the design of structures, including the Z-Range parameters. However, the reductions found in material quantities and final loads are not proportional to the reductions coming from the direct actions of the different types of vertical sealings of studied.

Key words: Vertical sealings. Masonry. *Light Steel Frame*. *Drywall*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – a) Alvenaria de blocos cerâmicos; b) <i>Light Steel Frame</i> ; c) <i>Drywall</i>	17
Figura 02 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal	23
Figura 03 - Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical.....	25
Figura 04 – Alvenaria de bloco cerâmicos, vedações internas com 12 cm e externas com 22 cm (cotas em cm).....	27
Figura 05 - Corte parede LSF com espessura total 117,6 mm. (Cotas em mm).....	29
Figura 06 - Guias e montantes da divisória de gesso acartonado	33
Figura 07 - Parede simples <i>drywall</i> , perfil 70 mm com chapas de 12,5 mm	34
Figura 08 – Projeto arquitetônico do pavimento tipo	36
Figura 09 - Modelo 01 – ABC 19 cm externa /ABC 9 cm interna.....	37
Figura 10 - Modelo 02 – ABC 19 cm externa / <i>Drywall</i> interno	37
Figura 11 - Modelo 03 – LSF externo/ <i>Drywall</i> interno	38
Figura 12 - Layout arquitetônico do Térreo (esquerda) e 1º pavimento (direita).....	38
Figura 13 – Modelo 01 – Térreo e 1º pavimento – Alvenaria externa/Alvenaria interna	39
Figura 14 – Modelo 02 – Térreo e 1º pavimento – Alvenaria externa/ <i>Drywall</i> interno.....	40
Figura 15 – Modelo 03 – Térreo e 1º pavimento – LSF externo/ <i>Drywall</i> interno	40
Figura 16 - Planta de fôrma do pavimento tipo com vedações verticais internas em <i>drywall</i> (cotas em metros).....	41
Figura 17 – Planta de fôrma do pavimento tipo com vedações verticais internas em ABC (cotas em metros)	42
Figura 18 – Planta de fôrma do 2º pavimento com vedações internas em <i>drywall</i> (cotas em metros).....	42
Figura 19 – Planta de fôrma do 2º pavimento com vedações internas em ABC (cotas em metros)	43
Figura 20 – Planta de fôrma do 1º pavimento (cotas em metros).....	44
Figura 21 – Modelo 3D da edificação dimensionada	49
Figura 22 – Planta de Forma Pavimento Tipo – Pisos 04 a 07 – Forma Única – Sem Vento (cotas em cm).....	50
Figura 23 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 01 – Sem vento (cotas em cm).....	53
Figura 24 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 02 – Sem vento (cotas em cm).....	54
Figura 25 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 03 – Sem vento (cotas em cm).....	54

Figura 26 – Planta de Forma Pavimento Tipo – Pisos 04 a 07 – Forma Única – Com vento (cotas em cm)	61
Figura 27 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 01 – Com vento (cotas em cm)	64
Figura 28 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 02 – Com vento (cotas em cm)	64
Figura 29 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 03 – Com vento (cotas em cm)	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos de desempenho e características funcionais das vedações verticais.....	20
Tabela 2 - Classificação das Vedações Verticais	21
Tabela 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação	23
Tabela 4 - Espessuras admissíveis de revestimento internos e externos.....	26
Tabela 5 - Espessuras mínimas revestimento de argamassa	26
Tabela 6 - Peso específico dos componentes LSF.....	30
Tabela 7 - Especificações para paredes <i>drywall</i> simples.....	32
Tabela 8 – Relação entre as cargas geradas pelas sistemas de vedações verticais (Sistema 01 / Sistema 02)	46
Tabela 9 – Quantitativo de vedações verticais	46
Tabela 10 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 01	46
Tabela 11 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 02	47
Tabela 12 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 03	47
Tabela 13 – Relação de peso entre os modelos de vedações do estudo	48
Tabela 14 – Indicador de massa (t) pela área (m ²) construída.....	48
Tabela 15 – Quantitativos da obra – Forma única / sem vento	50
Tabela 16 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma única / sem vento	52
Tabela 17 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma única / sem vento	52
Tabela 18 – Quantitativos da obra – Forma otimizada / sem vento	55
Tabela 19 – Diferença em % nos Quantitativos da obra em relação ao modelo 01 – Forma otimizada / sem vento	55
Tabela 20 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / sem vento	56
Tabela 21 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma otimizada / sem vento	57
Tabela 22 – Fator Gama Z – Modelos 01, 02 e 03 – Forma Única Otimizada	58
Tabela 23 – Fator Gama Z – Modelos 01, 02 e 03 – Forma Única Otimizada - Atualizada.....	60
Tabela 24 – Quantitativos da obra – Forma única / com vento.....	61
Tabela 25 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma única / Com vento	62
Tabela 26 – Comparação Aço – Forma única sem vento x forma única com vento	62
Tabela 27 – Comparação Aço – Forma única sem vento x forma única com vento	62
Tabela 28 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / sem vento	63
Tabela 29 – Quantitativos da obra – Forma Otimizada / com vento.....	65

Tabela 30 – Quantitativos da obra – Forma Otimizada / com vento – Redução em relação ao modelo 01	66
Tabela 31 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma otimizada / Com vento	66
Tabela 32 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / com vento.....	67
Tabela 33 – Variação da Taxa de Armadura de Vigas – Forma otimizada – sem vento x com vento	67
Tabela 34 – Comparação Volume Concreto – Forma otimizada sem vento x forma única com vento	68
Tabela 35 – Comparação Aço – Forma otimizada sem vento x forma única com vento.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

LSF – *Light Steel Frame*

OSB – *Oriented Strand Board*

ABC – Alvenaria de Bloco Cerâmico

PP – Peso Próprio

SC – Sobrecarga

CP – Carga Permanente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Considerações Iniciais	15
1.2 Justificativa	16
1.3 Objetivos do estudo	18
1.3.1 Objetivos Gerais.....	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
2. SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS	19
2.1 Vedação vertical	19
2.2 Classificação de Vedações Verticais	21
2.3 Vedações em Alvenaria	22
2.3.1 Material – Bloco Cerâmico	22
2.3.2 Revestimento.....	25
2.4 Vedações em <i>Light Steel Frame</i>	27
2.4.1 Materiais.....	28
2.5 Vedações em <i>drywall</i>	30
2.5.1 Materiais.....	32
2.6 Ações permanentes	34
3. METODOLOGIA	35
4. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1 Comparativo entre Vedações Verticais	45
5.2 Modelagem 3D	49
5.3 Forma única – Sem ação do vento	49
5.4 Forma Otimizada – Sem ação do vento	53
5.5 Parâmetro Gama Z	57
5.6 Forma única – Com ação do vento	60
5.7 Forma Otimizada – Com ação do vento	63
6. CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A – Pav. Tipo: Arqui. Tipo, Plantas de Forma para drywall e ABC	76
APÊNDICE B – Planta Arquitetônica do Térreo e do 1º Pavimento	77
APÊNDICE C – Plantas de Forma – 2º Pavimento	78
APÊNDICE D – Planta de Forma do 1º Pavimento e Cintamento	79
APÊNDICE E – Pavimento Tipo: Modelos 01, 02 e 03	80
APÊNDICE F – Modelo 01: Térreo e 1º Pavimento	81
APÊNDICE G – Modelo 02: Térreo e 1º Pavimento	82
APÊNDICE H – Modelo 03: Térreo e 1º Pavimento	83

APÊNDICE I – Corte da Edificação.....	84
APÊNDICE J – Planta Forma Tipo – Forma única – 04 a 07 Pav. Com e Sem Vento....	85
APÊNDICE K – Planta Forma Tipo – Otimizada – Modelo 01, 02 e 03 – Com vento	86
APÊNDICE L – Planta Forma Tipo – Otimizada – Modelo 01, 02 e 03 – Sem vento.....	87

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A indústria da construção civil está em constante evolução e a utilização de novas tecnologias está cada vez mais presente nos canteiros de obra mundo afora. A indústria da construção civil nacional é caracterizada como tradicional e conservadora e, segundo Nascimento e Santos (2003, p.70), essa caracterização se dá pelo fato de que “até o final dos anos 70 a construção civil teve grandes investimentos financiados pelo Estado, que não possuía nenhum programa de qualidade para o setor, fazendo com que muitas companhias não procurassem inovações”.

Martins e Barros (2003) afirmam que “a abertura do mercado no início dos anos 90 contribuiu para a evolução do setor da construção na medida em que permitiu às empresas construtoras a importação de novos produtos e tecnologias”. Além disso, a estabilidade econômica do primeiro período do plano real (1994) e a elevação do custo da mão-de-obra devido ao ganho dos trabalhadores incentivou as construtoras a pensar na tecnologia como ferramenta de competitividade (CEOTTO, 2002 apud MARTINS e BARROS, 2003). Nesse período diversas empresas construtoras investiram na modernização dos meios de produção, observando-se a crescente industrialização nos canteiros.

Na busca pela inovação, construtoras vêm optando por sistemas industrializados.

“Industrialização da construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.” (SABATTINI, 1998, p.4)

Dentre os diversos sistemas que compõe uma edificação, as vedações verticais têm ganhado uma atenção especial na utilização de sistemas inovadores e industrializados. São muitas as tipologias possíveis de serem empregadas como vedação vertical e, aliadas às tradicionais edificações com estrutura reticulada de concreto armado, oferecem diversas opções aos projetistas e executores. Sabattini (1998, p.17) exemplifica que podemos utilizar como vedação vertical desde a parede de alvenaria com blocos cerâmicos com emboço mais reboco

aos painéis pesados pré-fabricados com revestimento incorporado ou da divisória em lambris à de gesso acartonado ou da parede de bloco, de vidro às fachadas cortinas de alumínio e vidro, são incontáveis as possibilidades de escolha.

Neste trabalho aborda-se a questão dos sistemas de vedações verticais, suas definições, propriedades e características. Após esta análise dos sistemas de vedações verticais, será elaborado um estudo de caso com a aplicação de 03 modelos com diferentes composições de vedações verticais, para que se possa verificar a influência das ações de carregamento destes sistemas no dimensionamento de estruturas de concreto armado.

1.2 Justificativa

Culturalmente, o Brasil é um país resistente à introdução de novos sistemas e tecnologias na construção. Segundo Nakamura (2014) o maior obstáculo à introdução de novos sistemas é “convencer o meio técnico, o consumidor e os agentes financiadores sobre a segurança da inovação. Este é um cenário que vem sofrendo algumas alterações”.

Com a alta competitividade que o mercado impõe acrescido da atual crise econômica, é preciso buscar soluções que atendam aos requisitos construtivos e normativos, com processos racionalizados, eficientes e de custos competitivos aos tradicionais. Segundo Holanda (2003, p.02), nos últimos anos têm-se discutido muito as “tecnologias de produção de vedações verticais, buscando a interação com todos os subsistemas que a cercam, especialmente, estrutura, sistemas hidro sanitários e elétricos, impermeabilizações e revestimentos”.

Existe a necessidade de se explorar novos materiais e métodos construtivos, entretanto não se deve sobrepor esta necessidade à exigência mínima das normas construtivas e de desempenho, como a NBR 15575-4 – Parte 04, que trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, em edificações habitacionais. O estudo de novas tecnologias construtivas, seus materiais e a suas interações como os demais sistemas é um dos primeiros e principais passos para a sua popularização e posterior utilização entre projetistas e executores.

Outro fator cada vez mais importante dentro da construção civil é o desperdício. Na década de 90 o desperdício de materiais atingia a casa dos 20%, segundo Pinto (1995). O mesmo autor afirma que na Bélgica, o acréscimo nos custos advindos do desperdício é de 17% e na França de 12%. Koskela (1992 apud Vargas et al, 1997) afirmam que 30% dos tijolos e

elementos de vedação se transformam em entulho. Com o desenvolvimento do canteiro de obra, esses números reduziram. Segundo Rodrigues (2014), pode-se afirmar que as perdas de materiais - que viram entulho ou ficam incorporados à obra - chegam a 8%. Ainda é um número considerado alto, porém a utilização de sistemas cada vez mais racionalizados e industrializados tende a fazer com que esse número diminua.

Dentro dessa perspectiva, serão objetos deste estudo, três diferentes sistemas de vedações verticais, que já vêm sendo aplicadas nos canteiros de obra do Brasil. O primeiro sistema é o tradicional, a alvenaria. Os outros dois sistemas são tecnologias recentes no Brasil. São sistemas industrializados, que buscam diminuir desperdícios, otimizando a produção e que estão ganhando cada vez mais espaço nos canteiros de obra do país.

A já tradicional alvenaria de blocos cerâmicos (ABC), utilizada na grande maioria dos empreendimentos, composta por blocos cerâmicos vazados assentados com argamassa, revestidos pelo chapisco, emboço e reboco. Utilizada há bastante tempo no Brasil, tanto como vedação externa como vedação interna, segue um padrão cada vez mais racionalizado onde, segundo Barros (1998, p.03), são tomadas “todas as ações que tenham por objetivo aperfeiçoar o uso dos recursos envolvidos com a produção das alvenarias de vedação, desde o início da concepção do empreendimento, até a fase de sua utilização”.

O *Light Steel Frame* (LSF), que é composto por uma estrutura de perfis formados a frio, revestidos por painéis estruturais de tiras de madeira orientadas (*Oriented Strand Board* – OSB) e placas cimentícias do lado externo e placas de gesso acartonado do lado interno. Esse é um sistema construtivo que pode ser utilizado em toda edificação ou apenas como elemento de vedação externa em edificações construídas em sistemas tradicionais, como o concreto armado e a estrutura metálica.

O *drywall*, ou gesso acartonado, formado, também, por uma estrutura de perfis formados a frio (porém com espessura menor que a dos perfis do LSF), revestidos em ambos os lados com placas de gesso acartonado. Este é um sistema não estrutural, que já é amplamente utilizado como vedação interna em edifícios comerciais e residenciais.



Fonte: o autor.

Partindo deste ponto, os três sistemas de vedação citados serão comparados por meio de três modelos já utilizados em canteiros de obras, sendo eles nomeados quanto à sua vedação vertical externa/vedação vertical interna:

- a) Modelo 01 – ABC 19 cm externa/ABC 9 cm interna;
- b) Modelo 02 – ABC 19 cm externa/*Drywall* interno;
- c) Modelo 03 – LSF externo/*Drywall* interno.

1.3 Objetivos do estudo

1.3.1 Objetivos Gerais

Identificar, caracterizar e comparar as influências dos sistemas de vedações verticais: Alvenaria de bloco cerâmico, *light steel frame* e *drywall* no dimensionamento de estruturas em concreto armado.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Dimensionamento da superestrutura de uma edificação, com os 03 modelos de vedações verticais propostos;
- b) Realização de comparativo entre as ações resultantes dos sistemas de vedação e das cargas finais resultantes de todas as ações envolvidas no dimensionamento;
- c) Comparar os índices e quantitativos de obras resultantes para os modelos aplicados;
- d) Verificar a influência do vento nos dimensionamentos executados, fazendo uma análise sobre o parâmetro Gama Z e os efeitos de 2ª ordem.

2. SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS

2.1 Vedação vertical

Para definir vedações verticais, se faz necessário caracterizar a edificação como um sistema completo e a vedação vertical como um de seus subsistemas, que apresenta relações intrínsecas com outros subsistemas, apesar de poderem ser analisados separadamente. Penã (2003, p. 7) cita como subsistemas:

- a) Fundações;
- b) Estrutura;
- c) Vedações verticais;
- d) Esquadrias;
- e) Instalações;
- f) Revestimento das vedações verticais;
- g) Vedações horizontais;
- h) Revestimento das vedações horizontais;
- i) Cobertura;
- j) Impermeabilização.

A NBR 15575-4 (2013, p.4) define como sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) “partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas”.

Cardoso (2001, apud OLIVEIRA, 2013, p. 16), trata as vedações verticais como um subsistema da edificação. Ainda segundo o autor, as vedações verticais “definem e limitam verticalmente a edificação e seus ambientes internos e controlam a passagem de agentes indesejáveis”.

Caracterizam-se como agentes indesejáveis as intempéries atuantes na edificação (sol, chuva, vento) assim como impactos físicos, isolamento acústico e resistência ao fogo. Neste sentido, a NBR 15575-4 trata dos requisitos mínimos de desempenho que as SVVIE devem ter.

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas ou sofrer ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem.

Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio, etc. (ABNT, 2013, p. xi)

Peña (2003, p. 8) cita um conjunto de desempenhos e características funcionais que as vedações verticais devem apresentar, conforme figura 01.

Tabela 1 - Requisitos de desempenho e características funcionais das vedações verticais

Requisitos de desempenho	Características Funcionais
<ul style="list-style-type: none"> • Segurança estrutural; • Isolação térmica; • Isolação acústica; • Estanqueidade; • Segurança ao fogo; • Estabilidade; • Durabilidade; • Estética; • Economia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência mecânica; • Deformabilidade; • Estabilidade dimensional; • Propriedades térmicas; • Resistência à transmissão sonora; • Resistência ao fogo; • Resistência à penetração de água; • Resistência a agentes abrasivos; • Custos adequados de produção e manutenção.

Fonte – Peña (2003, p.8)

Os elementos que fazem parte das vedações verticais são: a) vedo¹, elemento que caracteriza a vedação vertical; b) esquadria, que é o elemento que permitem o controle de acesso aos ambientes; e c) revestimento, que é o elemento que permite o acabamento decorativo da vedação (CARDOSO, 2007).

Com relação aos custos, Barros (1998), considerando apenas o vedo, afirma que o “custo varia em torno de 3% a 6% no conjunto das atividades que compõem um edifício² de múltiplos pavimentos”. Ainda segundo a autora, o “conjunto de vedo, esquadrias, instalações e revestimentos, juntos, certamente somam mais de 20% do custo total das edificações”.

¹ Vedo, no estudo citado, corresponde às paredes de alvenaria (de blocos cerâmicos, de concreto, de concreto celular autoclavados e sílico calcários) que constituem tanto as fachadas, quanto as paredes internas, divisórias entre ambientes.

² Os edifícios, no estudo citado, referem-se àqueles de múltiplos pavimentos, construídos com estrutura de concreto armado moldada no local e com vedações de alvenaria.

2.2 Classificação de Vedações Verticais

Barros e Franco (2002, apud PENÃ 2003) classificam as vedações verticais conforme a tabela 02.

Tabela 2 - Classificação das Vedações Verticais	
Posição no edifício	
• Externas	São as vedações envoltórias do edifício. Uma das faces se encontra em contato com o meio ambiente externo ao edifício;
• Internas	São as vedações internas (partições e compartimentações) do edifício.
Técnica de Execução	
• Conformação	Obtidas por moldagem a úmido no local – emprega materiais com plasticidade obtida pela adição de água;
• Acoplamento a seco	São vedações obtidas por montagem através de dispositivos. Conhecida como construção a seco, por não empregar materiais obtidos com adição de água;
• Acoplamento úmido	São vedações obtidas por montagem a seco de componentes com solidarização posterior com argamassa ou concreto.
Densidade superficial	
• Leve	Vedação de baixa densidade superficial. Estas vedações geralmente não possuem função estrutural;
• Pesada	Vedação com densidade superior ao limite convencional. Podem ou não ter função estrutural.
Estruturação	
• Estruturada	Possui uma estrutura reticular para suporte dos componentes de vedação;
• Autoportante	Não possui uma estrutura complementar, pois a vedação se auto suporta;
• Outras	Como por exemplo: pneumática (vedação na qual o suporte é oferecido por pressão de ar interna superior à pressão atmosférica).
Continuidade do pano (em relação à distribuição dos esforços)	
• Contínua	A absorção dos esforços se dá no pano como um todo:
• Descontínua	A absorção dos esforços é feita pelos componentes (placas ou painéis) e distribuídos por estes à estrutura da própria vedação;

Fonte: adaptado de Peña (2003).

Continuação de Tabela 2 - Classificação das Vedações Verticais

Continuidade superficial (em relação à visibilidade das juntas)	
• Monolítica	A absorção dos esforços é feita pelos componentes (placas ou painéis) e distribuídos por estes à estrutura da própria vedação;
• Modular	Com juntas aparentes;
Removabilidade	
• Fixa	Irremovível sem destruição. No caso de ser removida seus componentes dificilmente são recuperáveis, gerando muito entulho;
• Desmontável	É desmontável com alguma degradação, gerando pouco volume de entulho. Para a sua remontagem requer a reposição de algumas peças;
• Removível	É montada e desmontada com facilidade, sem degradação;
• Móvel	Normalmente só de compartimentação – tipo “sanfona”, “de correr”.

Fonte: adaptado de Peña (2003).

2.3 Vedações em Alvenaria

Alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, sendo constituída pelo assentamento de tijolos maciços ou blocos vazados com argamassa (THOMAZ et al, 2009).

Para Franco (1994, apud PENÃ, 2003, p.11), a alvenaria pode ser definida com “um componente construtivo complexo conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos (também denominados componentes de alvenaria) unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso”.

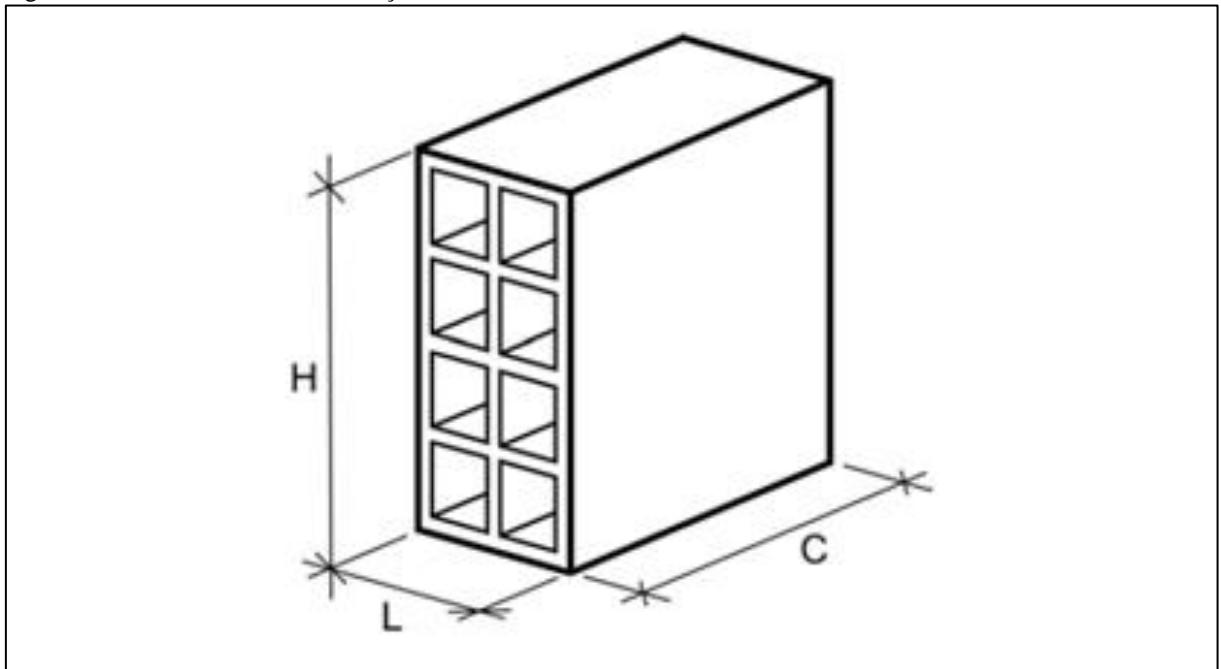
Existem diversas opções de blocos no mercado brasileiro, entre elas estão os blocos cerâmicos, de concreto, concreto celular e sílico-calcário. Segundo Sayegh (2002), à época de sua publicação, os blocos cerâmicos detinham 90% do mercado nacional. Apesar do aumento da utilização dos demais tipos de blocos, o bloco cerâmico ainda é amplamente utilizado no canteiro de obra.

2.3.1 Material – Bloco Cerâmico

O bloco cerâmico, segundo a norma brasileira NBR 15270-1 (2005, p.1) é o “componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm”. Geralmente é fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a elevadas temperaturas.

O bloco cerâmico para vedação é produzido para ser usado especificamente com furos na horizontal, enquanto o bloco cerâmico com utilização em alvenaria estrutural tem os furos direcionados na vertical. A figura 02 ilustra um bloco cerâmico utilizado para vedação e as referências de altura, largura e comprimento utilizadas.

Figura 02 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal



Fonte: NBR 15270-1 (2005).

A NBR 15270, sob o título geral de “Componentes cerâmicos”, cancela e substitui as ABNT NBR 7171:1992 e ABNT NBR 8042:1992. Esta norma indica que a resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação tem os seguintes valores mínimos: 1,5 MPa para blocos usados com furos na horizontal e 3,0 MPa para blocos com furos na vertical (estrutural), referida à área bruta. A tabela 03 estabelece uma padronização para as dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação.

Tabela 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões
L x H x C

Dimensões de fabricação (cm)

Módulo Dimensional M = 10 cm	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	1/2 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	9	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	9	19	29	14
(1) M x (2) M x (2) M			19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M	9	19	24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M	9	19	39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M			11,5	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M	11,5	14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M			19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M	11,5	19	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M	11,5	19	39	19
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M	14	19	24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M	14	19	39	19
(2) M x (2) M x (2) M			19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M	19	19	24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M	19	19	39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M	24	24	29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

Nota: Os blocos com largura de 6,5 cm e altura de 19 cm serão admitidos excepcionalmente, somente em funções secundárias (como em "shafts" ou pequenos enchimentos) e respaldados por projeto com identificação do responsável técnico.

Fonte: Adaptado de NBR 15270-1 (2005)

Quanto à classificação sugerida por Barros e Franco (2002, apud PENÃ 2003), uma vedação vertical executada com blocos cerâmicos pode ser tanto interna como externa, é executada por conformação (moldagem a úmido no local da obra), de densidade pesada, de estrutura autoportante, de continuidade do pano contínua (esforços se dão no pano como um todo), de continuidade superficial monolítica, sem juntas e de removibilidade fixa (irremovível sem destruição).

Conforme a NBR 6120 (1980), o valor do peso específico aparente, que deve ser considerado no projeto de estrutura, para tijolo furado (bloco cerâmico) é de 13 kN/m³.

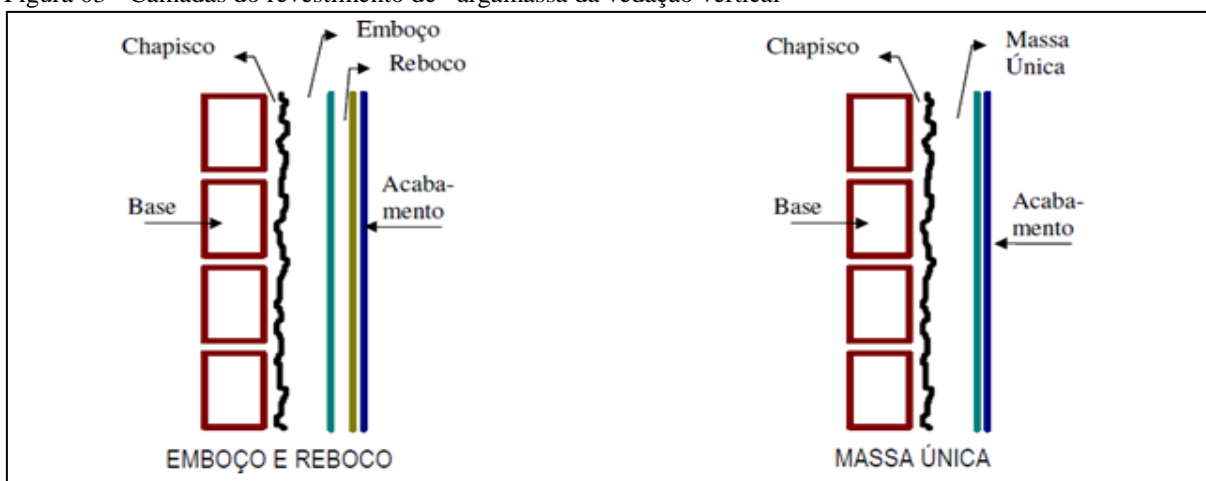
2.3.2 Revestimento

O revestimento mais utilizado em paredes de alvenaria cerâmica é o revestimento de argamassa. Segundo a NBR 13529 (2013, p.1), revestimento de argamassa “é o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final, decorativo ou não”. A NBR 7200 (1998) reforça o conceito de argamassa como uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”.

Considerado por Peña (2007, p.7) como um subsistema da edificação, é composto, geralmente, de cimento, cal e areia, onde cada um dos elementos citados possui características que influenciam nas propriedades da argamassa. A cal é caracterizada por reter água e dar mais trabalhabilidade à pasta, enquanto o cimento dá resistência e aumenta a velocidade de endurecimento da pasta.

Os revestimentos podem ser constituídos por camada única, que inclui o chapisco e o reboco, ou por mais de uma camada, com o chapisco, emboço e reboco, respectivamente (NBR 13749, 2013).

Figura 03 - Camadas do revestimento de argamassa da vedação vertical



Fonte: Sabbatini, Barros e Maciel (1998).

Ainda conforme a NBR 13749, os revestimentos devem satisfazer as seguintes condições:

- a) ser compatível com o acabamento decorativo;
- b) ter resistência mecânica decrescente ou uniforme, a partir da primeira camada em contato com a base, sem comprometer a sua durabilidade ou acabamento final;

- c) ser constituído por uma ou mais camadas superpostas de argamassas contínuas e uniformes;
- d) ter propriedade hidrofugante, em caso de revestimento externo de argamassa aparente, sem pintura e base porosa. No caso de não se empregar argamassa hidrofugante, deve ser executada pintura específica para este fim;
- e) ter propriedade impermeabilizante, em caso de revestimento externo de superfícies em contato com o solo;
- f) resistir à ação de variações normais de temperatura e umidade do meio, quando externos.

A tabela 04 informa os limites admissíveis para a espessura (e) dos revestimentos internos e externos, conforme a NBR 13749 (2013):

Tabela 4 - Espessura admissíveis de revestimento internos e externos

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$

Fonte: adaptado de NBR 13749 (2013).

Sabbatini, Barros e Maciel (1998, p. 20) afirmam que no “revestimento do tipo emboço e reboco, a camada de reboco deve ter, no máximo, 5 mm, sendo o restante da espessura referente à camada de emboço”.

Com os avanços no canteiro de obras, tornando as obras racionalizadas, a execução das alvenarias de vedação está cada vez mais uniforme, permitindo, assim, a execução de revestimento menos espesso, sem ultrapassar os limites mínimos que garantem a proteção do revestimento à base aplicada (SABBATTINI, BARROS E MACIEL, 1998).

A Tabela 05 apresenta as espessuras mínimas nos pontos críticos do revestimento de argamassa de fachada, conforme o CPqDCC-EPUSP (USP, 1995 apud SABBATTINI, BARROS E MACIEL, 1998).

Tabela 5 - Espessuras mínimas revestimento de argamassa

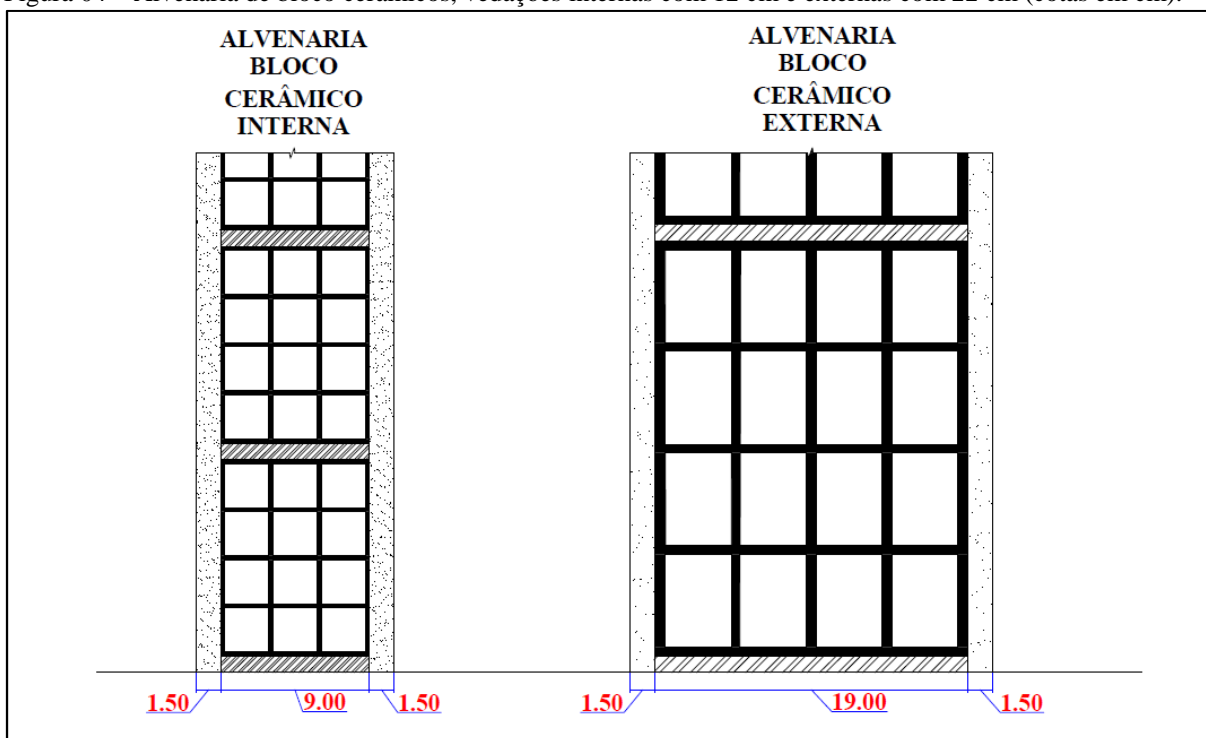
Tipo de base	Espessura mínima (mm)
Estrutura de concreto em pontos localizados	10
Alvenaria em pontos localizados	15
Vigas e pilares em regiões extensas	15
Alvenarias em regiões extensas	20

Fonte: USP (1995, apud SABBATTINI, BARROS e MACIEL, 1998).

Conforme a NBR 6120 (1980), o valor do peso específico aparente, que devem ser considerados no projeto de estrutura, para argamassa de cal, cimento e areia é de 19 kN/m^3 . Já para revestimento de cimento e areia, o peso específico aparente é de 21 kN/m^3 . Neste trabalho, serão consideradas duas composições de alvenaria em blocos cerâmicos. Para as vedações externas, será utilizada uma composição com blocos cerâmicos de 9 cm de largura e para as vedações internas, será utilizada uma composição com blocos cerâmicos de 19 cm de largura. Com revestimento de cal, cimento e areia na espessura de 1,5 cm em ambas as faces, as composições terão espessura de 12 e 22 cm, respectivamente.

A figura 04 exemplifica um corte das duas composições de vedações verticais em ABC que serão utilizadas neste trabalho.

Figura 04 – Alvenaria de bloco cerâmicos, vedações internas com 12 cm e externas com 22 cm (cotas em cm).



Fonte: o autor.

2.4 Vedações em *Light Steel Frame*

O *Light Steel Frame* (LSF) é um sistema construtivo usado em larga escala em países como os Estados Unidos, Canadá, alguns países da Europa, Japão e Chile. No Brasil ainda é um sistema construtivo considerado novidade, pouco utilizado, com maior incidência no sul do país.

Santiago (2008, p.09) trata o LSF pelo “uso de perfis de aço galvanizado formados a frio compondo sua estrutura, que trabalha em conjunto com subsistemas também racionalizados, proporcionando uma construção industrializada e a seco”.

Dentre as aplicações mais utilizadas do LSF, estão as residências unifamiliares, edifícios comerciais e residenciais até quatro pavimentos, hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino, unidades modulares e no revestimento de fachadas (FREITAS e CASTRO, 2006).

No Brasil, a utilização do LSF como vedação vertical ainda é pouco usual, mas vem atraindo a atenção dos profissionais da construção civil como opção de vedação vertical externa para edifícios de múltiplos pavimentos com estrutura principal portante (SANTIAGO e ARAÚJO, 2008).

Em 2003, o CBCA, representando o setor siderúrgico, juntamente com o SindusConSP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo), elaboraram e aprovaram, junto à CEF (Caixa Econômica Federal), um manual, denominado “Steel Framing – Requisitos e condições mínimos para financiamento pela CAIXA”, válido para todo o Brasil, que regulamenta a forma de construção desse sistema.

Em muitos casos, o fechamento em LSF é dimensionado como um sistema secundário, ou seja, não possui papel estrutural global no edifício. Para Schafer (2003, apud Santiago e Araújo, 2008) nesta situação, “a estrutura principal da edificação deve ser dimensionada sem considerar o sistema de fechamento para sua estabilização ou suporte de cargas ou ações”.

Por ser um sistema relativamente novo no Brasil, ainda não existe uma norma específica para o sistema LSF como um todo, porém, para o componente de estruturas de aço, temos duas normas importantes, a NBR 6355 (2003) – Perfis estruturais de aço formados a frio e a NBR 14762 (2001) – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

2.4.1 Materiais

Na estrutura do LSF são utilizados perfis estruturais de aço formado a frio (PFF) que, conforme definido em norma.

São perfis obtidos por dobramento, em prensa dobradeira, de tiras cortadas de chapas ou bobinas, ou por conformação contínua em conjunto de matrizes rotativas, a partir de bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas ou não, sendo ambas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente (NBR 14762, 2001, p.3).

Conforme Rodrigues (2006, p.11) os PFF “devem ser fabricados a partir de bobinas de aço zincado de alta resistência, com resistência de escoamento, f_y , não inferior a 230 MPa”.

Ainda segundo Rodrigues (2006, p.11), os perfis devem “ter a espessura nominal mínima de 0,80 mm, exceto para elementos sem função estrutural e terças. Para espessura nominal máxima é estabelecido o valor de 3,0mm”.

O fechamento desta estrutura pode ser feito por diferentes tipos de painéis, dentre os quais se destacam, para o fechamento exterior, o *Oriented Strand Board* (OSB) e as chapas cimentícias e, para o fechamento das vedações internas, as chapas de gesso acartonado (AQUINO e BARROS, 2010). Também deve ser utilizada uma manta hidrófuga, que impermeabilizará o conjunto, evitando que a umidade apodreça a madeira das placas OSB.

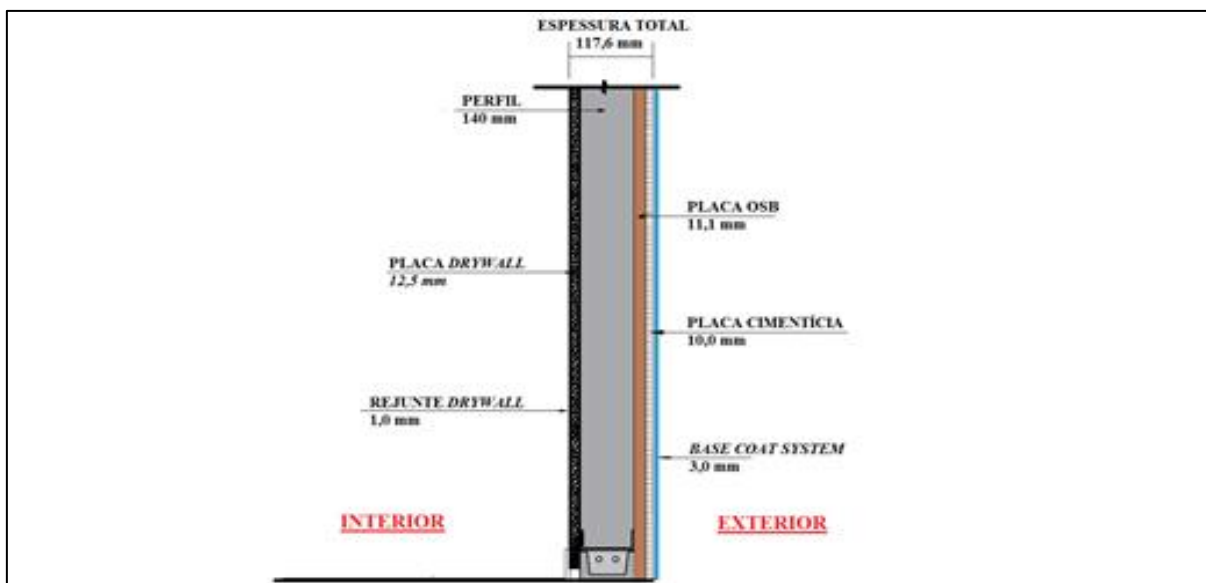
Segundo Pereira Junior (2008) as placas OSB “são fabricadas utilizando tiras de madeira orientadas perpendicularmente em diversas camadas, o que aumenta a sua resistência mecânica e rigidez”. São fabricados com espessuras variando entre 6 e 40 mm, e tem como principal função o contraventamento dos painéis em LSF.

Já as placas cimentícias, segundo Pereira Junior (2008), são placas delgadas de concreto, fabricadas a partir de argamassas especiais contendo aditivos e uma elevada porcentagem de cimento. Para a padronização e a qualificação dos produtos ofertados ao mercado brasileiro, temos a NBR 15498 – Placa Plana Cimentícia sem Amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio. As placas cimentícias têm também como função o revestimento externo do LSF.

As placas de gesso acartonado, que serão definidas no tópico de vedações em *drywall*, têm como principal função no LSF o revestimento interno da estrutura.

A figura 05 exemplifica, em corte, uma composição de parede LSF que utiliza os materiais descritos anteriormente.

Figura 05 - Corte parede LSF com espessura total 117,6 mm. (Cotas em mm)



Fonte: o autor

Com relação ao peso específico aparente, não há na NBR 6120 (1980) definições para o sistema LSF ou para os seus componentes. A tabela 06 define, conforme especificações dos fabricantes, o peso específico para os materiais constituintes da LSF.

Tabela 6 - Peso específico dos componentes LSF

Material	Espessura (mm)	Peso específico (kg/m ²)
Placa OSB ³	11,1	7,21
Placa <i>Drywall</i> ST ⁴	12,5	8,5
Massa de Rejunte <i>Drywall</i> ⁴	1	0,5
Placa Cimentícia ⁵	10	11,12
Base Coat System ⁵	3	3,75
Perfis C140 ⁶	140	5
Total: 177,6 mm		6,08 kg/m² ou 0,354 kN/m²

Fonte: o autor

2.5 Vedações em *drywall*

O *drywall* é um sistema de construção a seco, consagrado internacionalmente desde os primeiros anos do século XX. As chapas deste sistema chegaram ao mercado brasileiro na

³ Dados fornecidos pela LP Building (2016)

⁴ Dados fornecidos pela Knauf (2016)

⁵ Dados fornecidos pela Plalux (2016)

⁶ Dados fornecidos pela Futureng (2016)

segunda metade da década de 90 e está, cada vez mais, ganhando a confiança dos arquitetos, engenheiros, construtores e consumidores brasileiros.

Segundo STEIN (1980, apud TANIGUTI, 1999) *drywall* refere-se aos componentes de fechamento que são empregados na construção a seco e que têm como principal função a compartimentação e separação de ambientes internos de edifícios, compostos por chapas de gesso acartonado.

A NBR 15758-1 (2009) estabelece as diretrizes para projeto e seleção de sistemas construtivos de paredes em chapas de gesso para *drywall*, e define como sistemas construtivos de paredes em chapas de gesso *drywall*:

Conjunto de componentes formado por chapas de gesso para *drywall*, estrutura de perfis de aço, acessórios de fixação e insumos, destinados a atender determinadas funções de compartimentação, as quais definem e limitam verticalmente os ambientes internos dos edifícios controlando o fluxo de agentes solicitantes, cumprindo as exigências dos usuários NBR 15758-1, 2009, p.2).

Complementam a NBR 15758-1 (2009) - NBR 15758-1 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – projeto e procedimentos executivos para montagem – parte 01 – requisitos para sistemas usados como paredes, as partes 02 e 03 da norma de mesma numeração, que falam, respectivamente, de forros em *drywall* e revestimento em *drywall*.

Existem diversas configurações de paredes *drywall*, podendo elas ser divisórias simples, com apenas uma camada de placas, ou estruturas com características específicas conforme a sua utilização, podendo variar em altura, camadas de chapas, tipo de chapas, perfis, resistência ao fogo, à umidade e isolamento acústico. A tabela 07 exemplifica algumas especificações para paredes *drywall* simples, com variação de pé direito entre 2,5 e 4,7 m. Conforme a tabela 07, para o pé direito usual de 3,0 m, utiliza-se perfis de 70 mm e duas chapas com 12,5 mm de espessura, resultando em uma parede com 95 mm de espessura e com peso de 20 kg/m², com resistência ao fogo de 30 minutos e isolamento acústico de 39 dB (com lã de vidro, 45 dB).

Tabela 7 - Especificações para paredes *drywall* simples

PAREDE TIPOLOGIA	PERFIL (mm)	ESPESSURA DA PAREDE (mm)	PAGINAÇÃO DOS MONTANTES (mm)	ALTURA LIMITE DOS MONTANTES (m)		QUANTIDADE DE CHAPAS (UN.) / ESPESSURA (mm)	PESO (kg/m ²)	RESISTÊNCIA AO FOGO (CF)		ÍNDICE DE ISOLAMENTO ACÚSTICO (dB)	
				SIMPLES	DUPLOS			C/ST	C/RF	S/LÃ	C/LÃ
PAREDE SIMPLES	48	73	600	2,5	2,9	02 / BR	20	30	30	34/36	42/44
			400	2,7	3,25	12,5					
	78	600	2,6	3	02 / BR	50	30	60	35/37	43/45	
		400	2,8	3,3	15						
	95	600	3	3,6	02 / BR	20	30	30	38/40	44/46	
		400	3,3	4,05	12,5						
	100	600	3,1	3,7	02 / BR	50	30	60	39/10	45/47	
		400	3,4	4,15	15						
	90	115	600	3,5	4,15	02 / BR	20	30	30	39/42	45/47
			400	3,85	4,6	12,5					
		120	600	3,6	4,25	02 / BR	50	30	60	40/43	46/48
			400	3,95	4,7	15					

Fonte: adaptado de Gypsum.com (2016)

2.5.1 Materiais

As chapas de *drywall* são fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, em que uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra. As normas que referentes à produção das chapas de *drywall* são:

- NBR 14.715 (2001) – Chapas de gesso acartonado – Requisitos;
- NBR 14.716 (2001) – Chapas de gesso acartonado – Verificação das características geométricas;
- NBR 14.717 (2001) – Chapas de gesso acartonado – Determinação das características físicas.

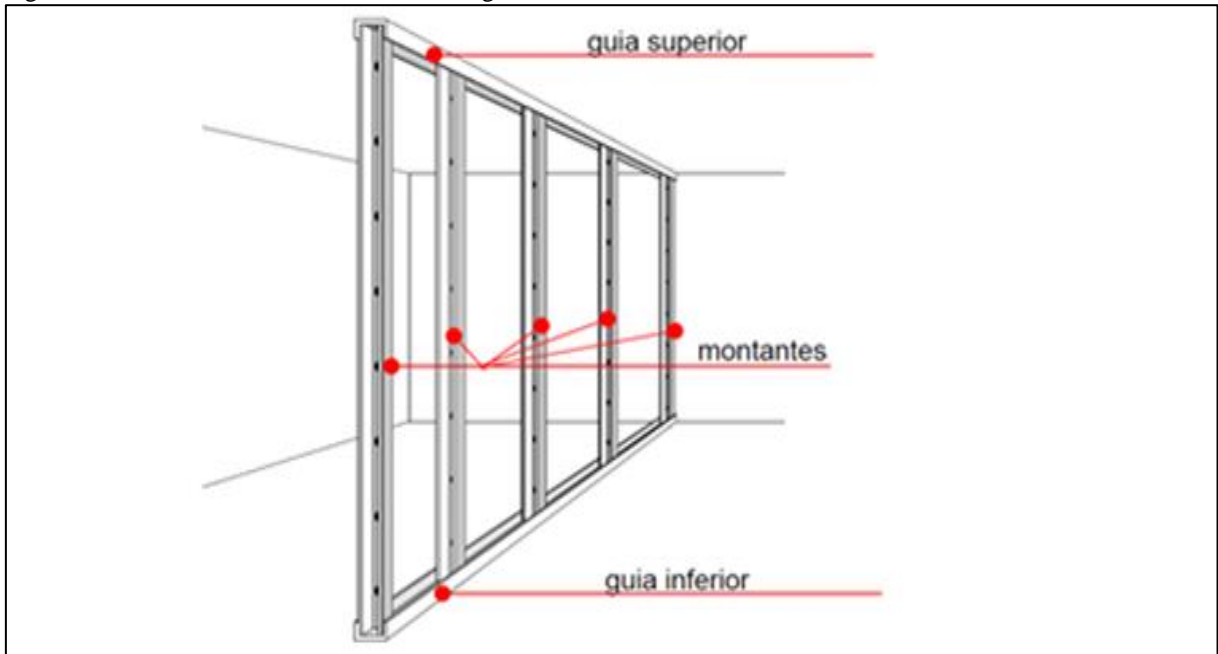
Existem três tipos principais de chapas de *drywall* (TANIGUTI, 1999):

- Standard (ST - Cinza) – devem ter no seu centro um material não combustível, essencialmente em gesso, e a superfície deve ser composta por uma camada de papel que deve estar aderida ao material do centro.

- b) Resistente ao fogo (RF - Rosa) – contém fibras não combustíveis na camada de gesso, sendo comum o uso de vermiculitas e fibras de vidro, que ajudam a manter a integridade da chapa, mesmo ocorrendo a perda de água do gesso.
- c) Resistente à umidade (RU – verde) – compostas em seu interior por gesso e silicone e têm as duas superfícies cobertas por cartões hidrofugante.

As chapas de *drywall* não possuem resistência estrutural e devem ser fixadas sobre uma base plana e estável. No Brasil, geralmente são utilizadas estruturas de aço galvanizado (TANIGUTI, 1999). Basicamente, a estrutura suporte é formada pelas guias e pelos montantes, conforme a figura 06.

Figura 06 - Guias e montantes da divisória de gesso acartonado

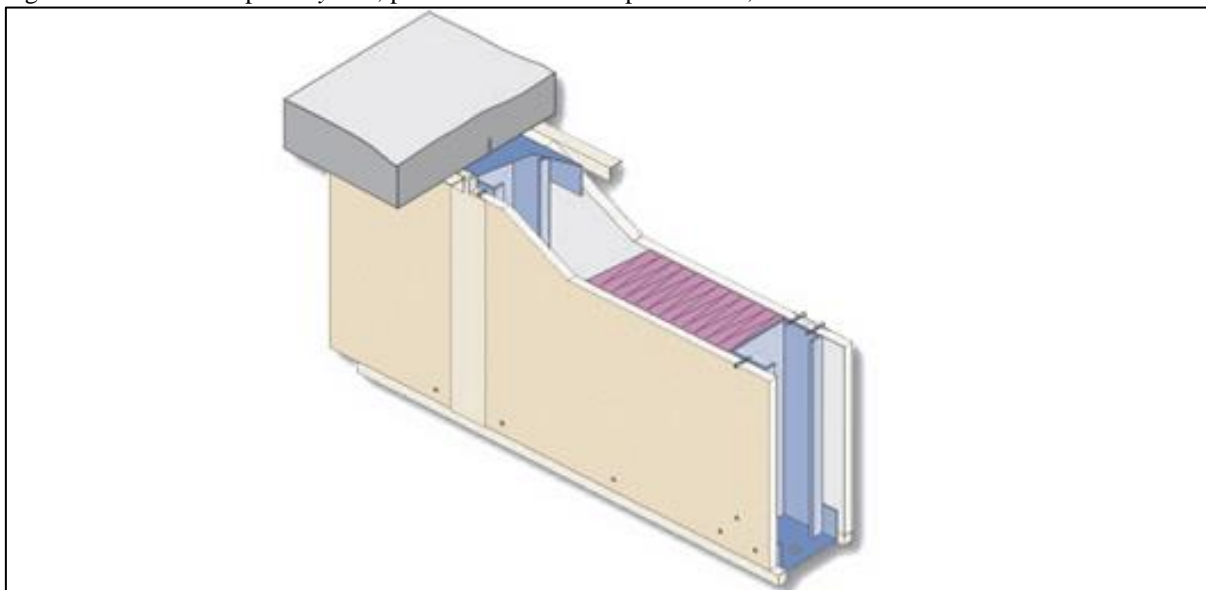


Fonte: Taniguti (1999, p. 98)

A norma que rege a fabricação dos perfilados é a NBR 15217:2005 – Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado. Segundo esta norma, os perfis são “fabricados industrialmente mediante um processo de conformação contínua a frio, por sequência de rolos a partir de chapas de aço revestidas com zinco pelo processo contínuo de zincagem por imersão a quente”. As chapas de aço revestidas com zinco devem ter espessura mínima de 0,5 mm (NBR 15217, 2005).

Para fazer o acabamento de juntas entre as chapas de gesso acartonado, são utilizadas massas específicas juntamente com fitas de papel micro perfuradas que, em conjunto, asseguram um acabamento sem trincas.

Figura 07 - Parede simples *drywall*, perfil 70 mm com chapas de 12,5 mm



Fonte: Gypsum.com (2016)

2.6 Ações permanentes

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014, p.53), denomina-se ação “qualquer influência, ou conjunto de influências, capaz de produzir estados de tensão ou de deformação em uma estrutura”.

A NBR 6118 (2014) afirma que “na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possa produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame”.

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014, p.54), as ações a se considerar em um dimensionamento estrutural classificam-se em “ações permanentes, variáveis e excepcionais. Para cada tipo de construção, as ações consideradas devem respeitar suas peculiaridades e as normas aplicáveis”.

As ações que estão diretamente ligadas às vedações verticais são as ações permanentes. As ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida da construção e devem ser consideradas com seus valores representativos mais desfavoráveis para a segurança (NBR 6118, 2014).

As vedações verticais são consideradas como ações permanentes diretas, pois são elementos construtivos fixos e permanentes. Para esses elementos, quanto ao peso, devem ser considerados os valores nominais indicados pelos respectivos fornecedores (Carvalho e Figueiredo Filho, 2014).

3. METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho consiste em revisão bibliográfica com o objetivo da obtenção de conhecimento teórico sobre as vedações verticais de forma que se possa embasar um estudo comparativo teórico relativo ao consumo de material, ações permanentes, relacionando com os esforços nos elementos estruturais da edificação.

Os três modelos de composições de vedação verticais escolhidos para o estudo foram definidos com base em um projeto já executado. Os modelos escolhidos são utilizados em canteiros de obras em diversos locais do país.

Com base no projeto arquitetônico (Apêndice A) foram lançadas duas plantas de fôrma diferentes. Em um primeiro momento, será utilizada, para dimensionamento, a mesma planta de forma para os três modelos de vedações definidos anteriormente. Em segundo momento, serão utilizadas plantas de fôrmas diferentes para os modelos com vedações internas em ABC e em *drywall*, buscando otimizar o dimensionamento da estrutura.

Tanto para forma única, quanto para forma otimizada serão estudados os dimensionamentos somente da superestrutura (não serão dimensionadas fundações) sem a ação do vento e com a ação do vento.

A segunda etapa, já com as plantas de formas definidas, se caracteriza pelo dimensionamento dos elementos estruturais – lajes, vigas e pilares – em concreto armado, seguindo a 6118:2014, através do software Cypecad, versão 2016, da CYPE Ingenieros S.A.

Os resultados fornecerão alguns índices de consumo – quantidade de aço/volume concreto, carga / área – que servirão de parâmetros de comparação entre os 03 modelos de vedação verticais propostos.

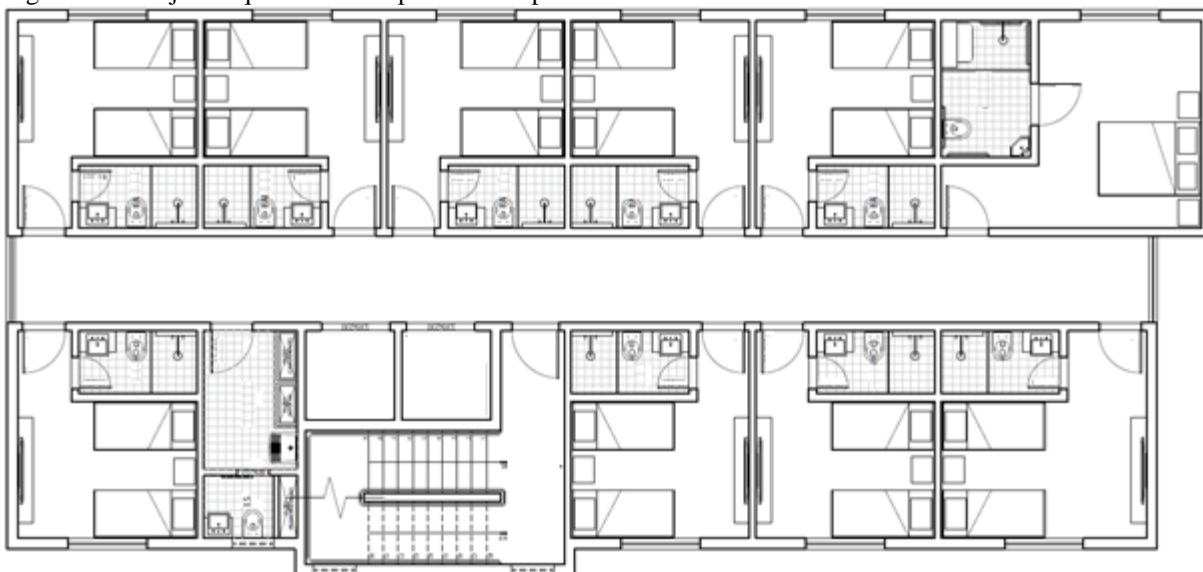
4. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO

O estudo comparativo será desenvolvido com base em um projeto de edificação destinada à prestação de serviços de hospedagem ou moradia de caráter transitório, no caso um flat, hotel. O projeto que será objeto de estudo é uma adaptação descaracterizada de um empreendimento já executado.

A edificação conta com 2.517,62 m² de área construída em 10 pavimentos, sendo pilotis no pavimento térreo, garagem no 2º pavimento e pavimentos tipo do 3º ao 10º.

O projeto arquitetônico do pavimento tipo é composto por 10 suítes, dependências de serviço, elevadores e caixa de escada, conforme indicado na figura 06 e, com mais detalhes, no apêndice A.

Figura 08 – Projeto arquitetônico do pavimento tipo

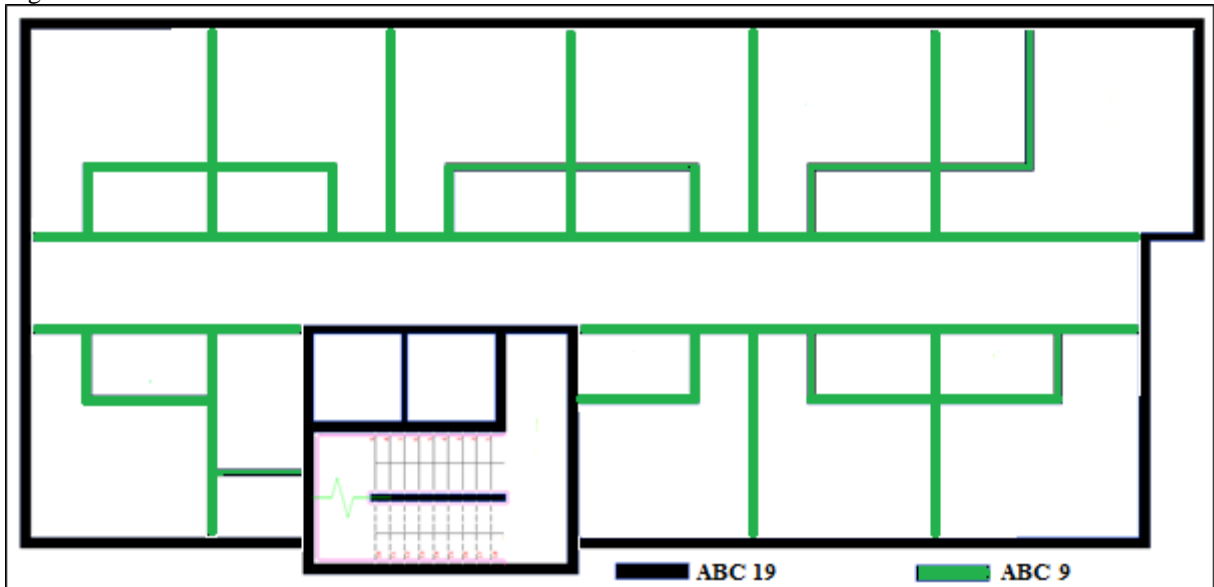


Fonte: o autor.

Neste projeto arquitetônico serão aplicados 03 modelos com diferentes composições de vedações verticais.

O modelo 01 (figura 07 e, detalhadamente, no apêndice E) contará com a ABC tanto nas vedações externas, quanto nas vedações internas. Nas vedações externas, será utilizada a ABC de 19 cm, enquanto nas vedações internas ABC de 09 cm de largura. Tanto vedação externa, quanto interna, terão revestimentos com espessura de 1,5 cm nas duas faces, resultando em vedações com 22 e 12 cm de espessura, respectivamente.

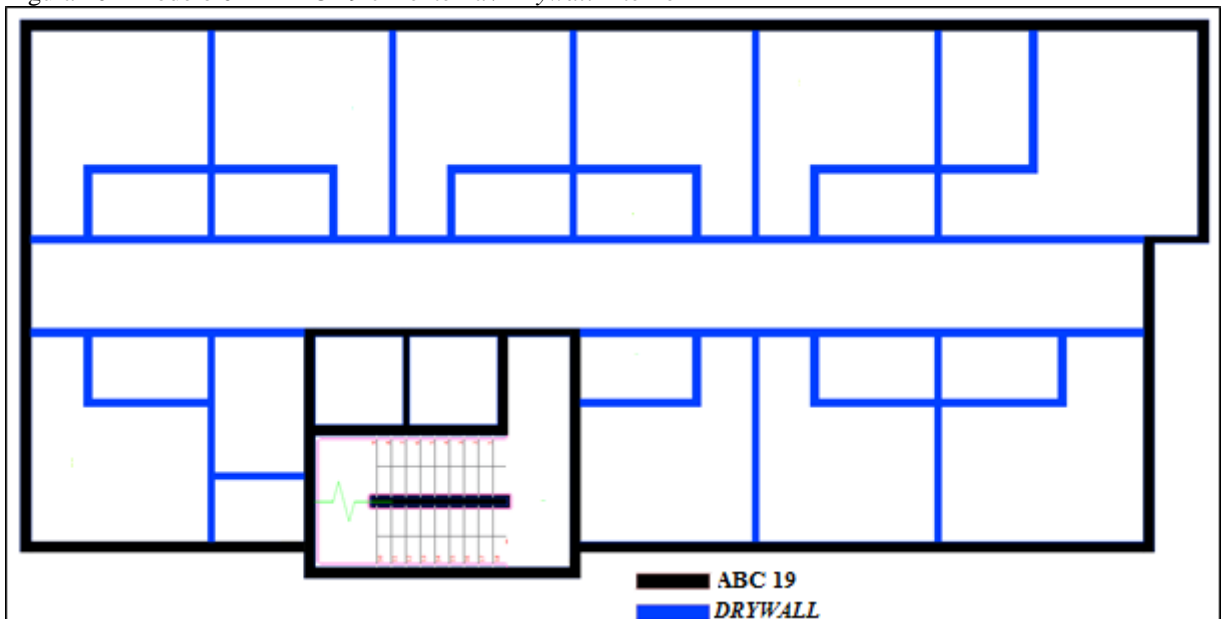
Figura 09 - Modelo 01 – ABC 19 cm externa /ABC 9 cm interna



Fonte: O autor

Já o modelo 02, ilustrado pela figura 08 e, detalhadamente, no apêndice E, contará com ABC de 19 cm nas vedações externas, utilizando o mesmo bloco de 19 cm com revestimentos de 1,5 cm do modelo 01. Porém, nas vedações internas serão utilizadas as paredes em *drywall*, com a utilização de perfis de 7 cm na estrutura e revestimento com chapas de gesso acartonado com 1,25 cm, formando paredes com 9,5 cm de espessura.

Figura 10 - Modelo 02 – ABC 19 cm externa / *Drywall* interno

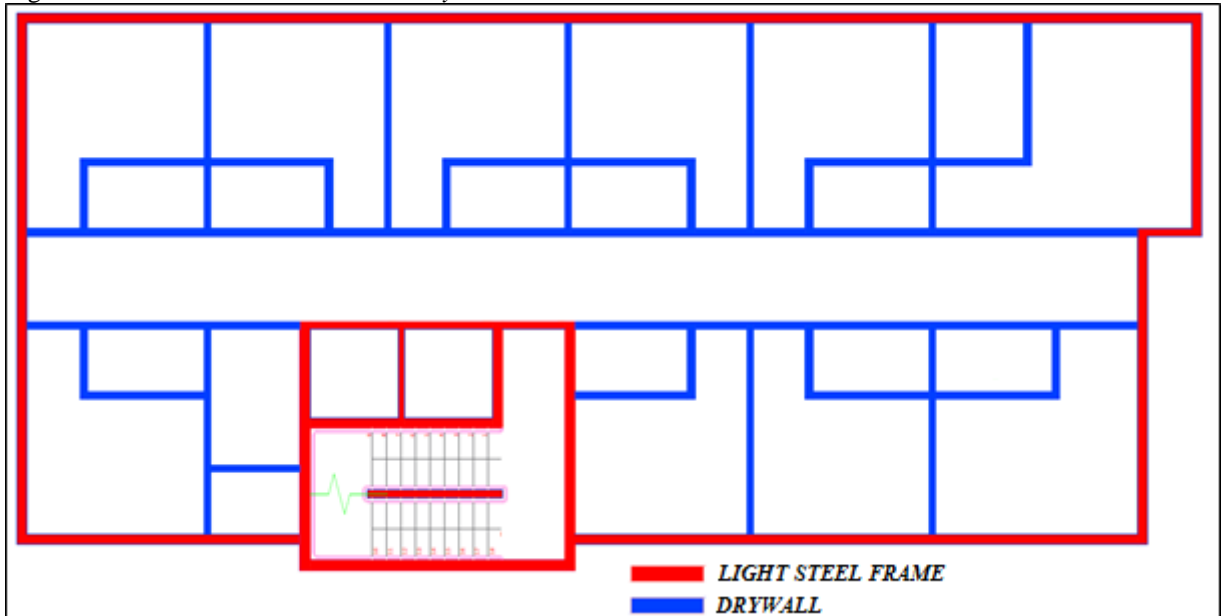


Fonte: O autor

No modelo 03, visto na figura 09, e mais detalhado no apêndice E, será utilizado nas vedações externas, o sistema *Light Steel Frame*. A composição será uma placa de gesso

acartonado de 1,25 cm na face interna, estrutura com perfis de 14 cm e, na face externa, chapa OSB de 1,11 cm, placa cimentícia de 10 cm e revestimento para placa cimentícia, de 0,3 cm. Esta composição tem uma espessura final de aproximadamente 17,76 cm.

Figura 11 - Modelo 03 – LSF externo/Drywall interno



Fonte: O autor

Nos três modelos, as vedações da caixa de escada e elevadores terão a mesma composição que as vedações externas do modelo correspondente. Optou-se por não considerar, neste estudo, lajes de escada e patamar, vigas e paredes de elevadores que estão internas à caixa de escada. Portanto, a caixa de escada será considerada um vão livre.

Para os pavimentos térreo e 1º, com layout diferente do pavimento tipo, utilizou-se os mesmos critérios de divisão das vedações verticais. Conforme o projeto arquitetônico retratado na figura 12, e melhor detalhado no apêndice B, o pavimento térreo abrigará a recepção, administração e salão de eventos, enquanto o 1º pavimento será utilizado como garagem.

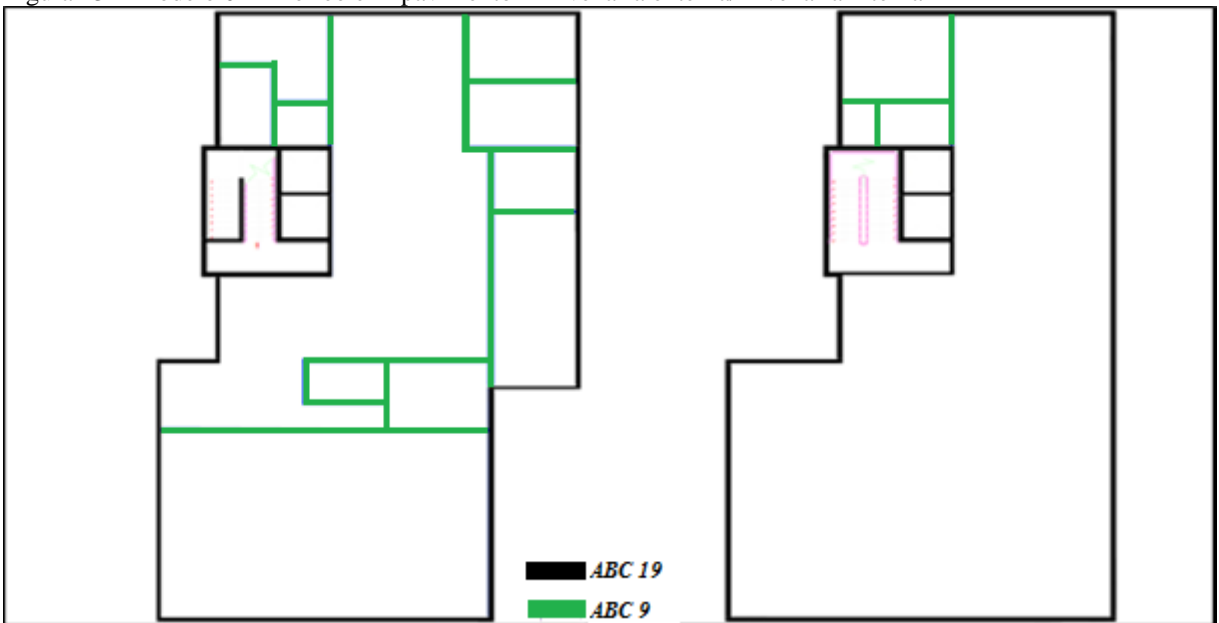
Figura 12 - Layout arquitetônico do Térreo (esquerda) e 1º pavimento (direita)



Fonte: o autor

Assim como nos pavimentos tipo, foram atribuídos os modelos 01, 02 e 03 de vedações verticais ao térreo e ao 1º pavimento, conforme ilustram as figuras 13, 14 e 15, e, mais detalhadamente, no apêndice F.

Figura 13 – Modelo 01 – Térreo e 1º pavimento – Alvenaria externa/Alvenaria interna



Fonte: O autor

Os três sistemas utilizados nos modelos descritos, atendem às normas de desempenho vigentes, sendo possível a sua aplicação em todos os pavimentos das edificações. Não serão

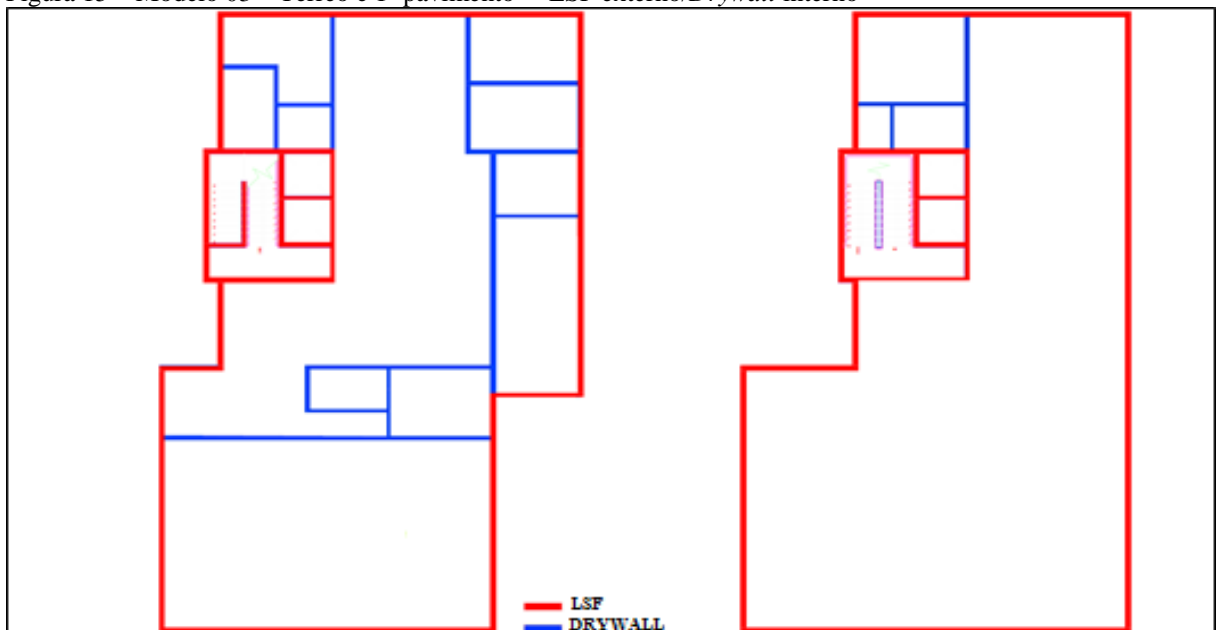
considerados, neste estudo, a utilização de reforços para cargas, isolantes termoacústicos e demais acessórios dos sistemas LSF e *drywall*, visto que as cargas resultantes destes elementos são desprezíveis para o estudo.

Figura 14 – Modelo 02 – Térreo e 1º pavimento – Alvenaria externa/*Drywall* interno



Fonte: O autor

Figura 15 – Modelo 03 – Térreo e 1º pavimento – LSF externo/*Drywall* interno

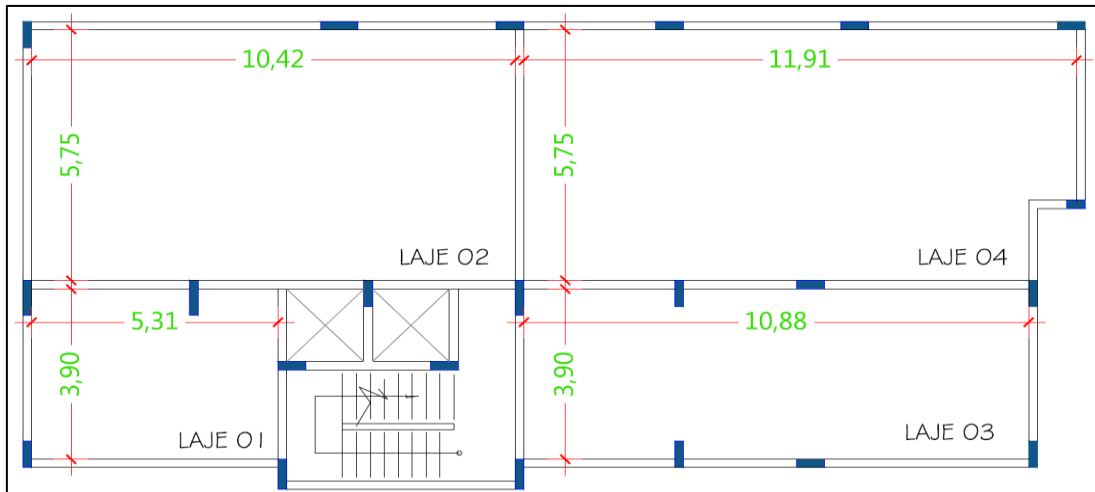


Fonte: O autor

De forma a gerar um padrão a comparação dos dimensionamentos dos três modelos propostos, a análise será realizada atendo-se aos seguintes princípios:

- a) O dimensionamento será calculado através do software para engenharia e construção, Cypecad, versão 2016, da CYPE Ingenieros S.A.
- b) Todas as lajes projetadas serão calculadas como lajes maciças. Desta forma é possível distribuir melhor as cargas resultantes das ações das lajes nas vigas.
- c) As especificações dos materiais a serem utilizados deverão ser as mesmas para concreto, os sistemas de formas e o tipo de aço empregado:
- Concreto: f_{ck} 30 Mpa;
 - Formas: madeira;
 - Aço: CA-60 para lajes e CA-50 vigas e pilares.
- d) As ações acidentais serão adotadas como sendo as mínimas preconizadas pela NBR-6120/80. A definição das cargas acidentais também é importante, pois pode influenciar o carregamento total da estrutura e a relação percentual da carga advinda das paredes;
- Ações verticais: 2 kN/m^2
 - Pavimento Garagem: 3 kN/m^2
- e) O dimensionamento das seções de vigas e pilares se darão de 5 em 5 cm, procurando o melhor resultado. Pilares terão sua dimensão alterada a cada 2 pavimentos.
- f) Serão lançadas 02 plantas de fôrma para a edificação em estudo. Um primeiro dimensionamento será realizado com a mesma planta de fôrma para os três modelos. Como serão utilizados os mesmos tipos de materiais, o volume de concreto permanecerá o mesmo, deste modo, a única alteração de um caso para o outro será no índice específico de área de aço/volume de concreto. Em um segundo dimensionamento, serão utilizadas plantas de fôrmas distintas para os modelos com vedações verticais internas em drywall e com vedações verticais internas em ABC. O diferente número de lajes e vigas, assim como diferentes dimensões destas estruturas devem gerar diferentes índices específicos (área de aço / volume concreto e área de forma / volume de concreto) e índices gerais (volume de concreto / área de obra, área de aço / área de obra, área de forma / área de obra).

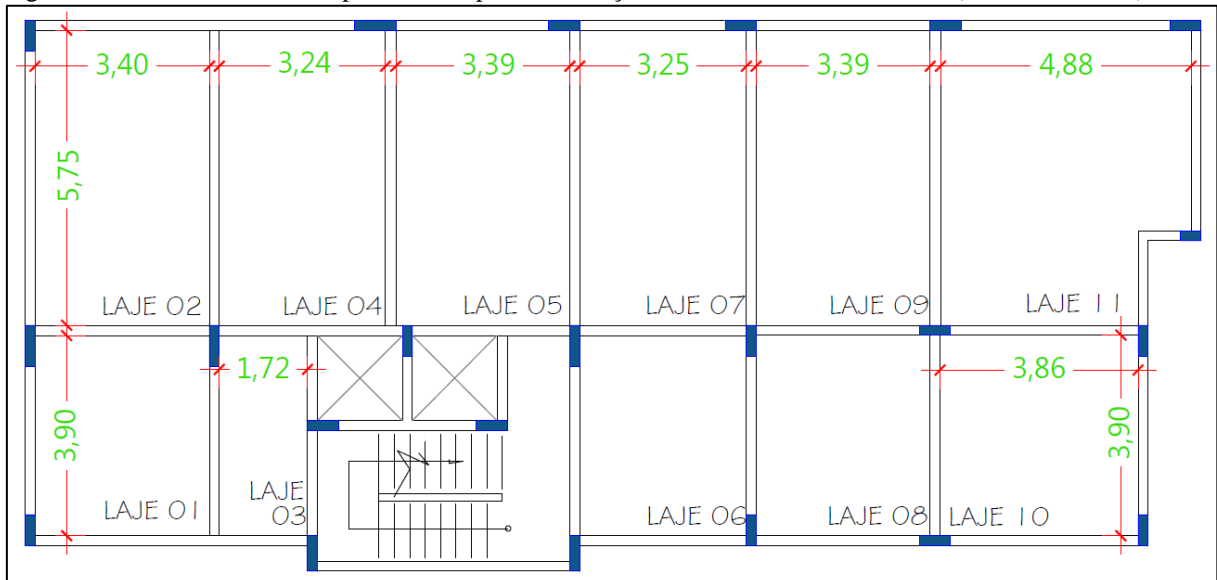
Figura 16 - Planta de fôrma do pavimento tipo com vedações verticais internas em *drywall* (cotas em metros)



Fonte: O autor

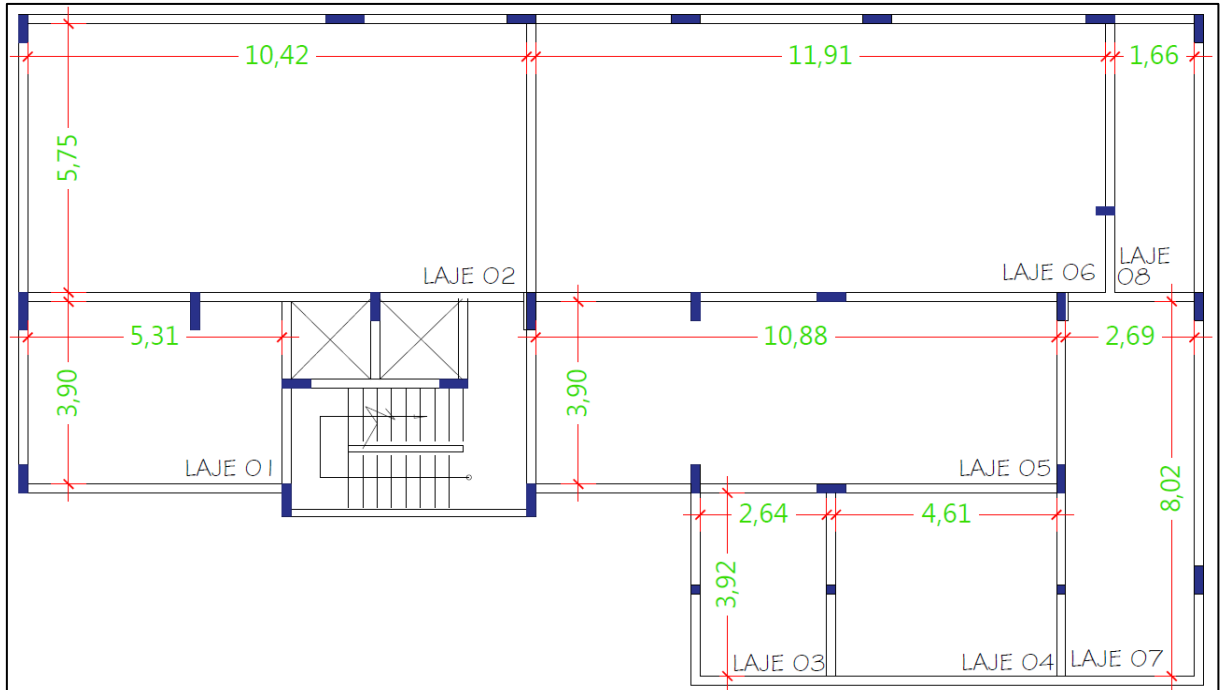
As figuras 16 e 17 (mais detalhes no apêndice A) ilustram as plantas de fôrma que serão utilizadas nos pavimentos tipo. Em uma análise primária, vale ressaltar que nos modelos com vedações internas em drywall (figura 15) o lançamento contém um número menor de lajes e vigas, em relação ao lançamento nos modelos com vedações internas em ABC (figura 16).

Figura 17 – Planta de fôrma do pavimento tipo com vedações verticais internas em ABC (cotas em metros)



Fonte: O autor

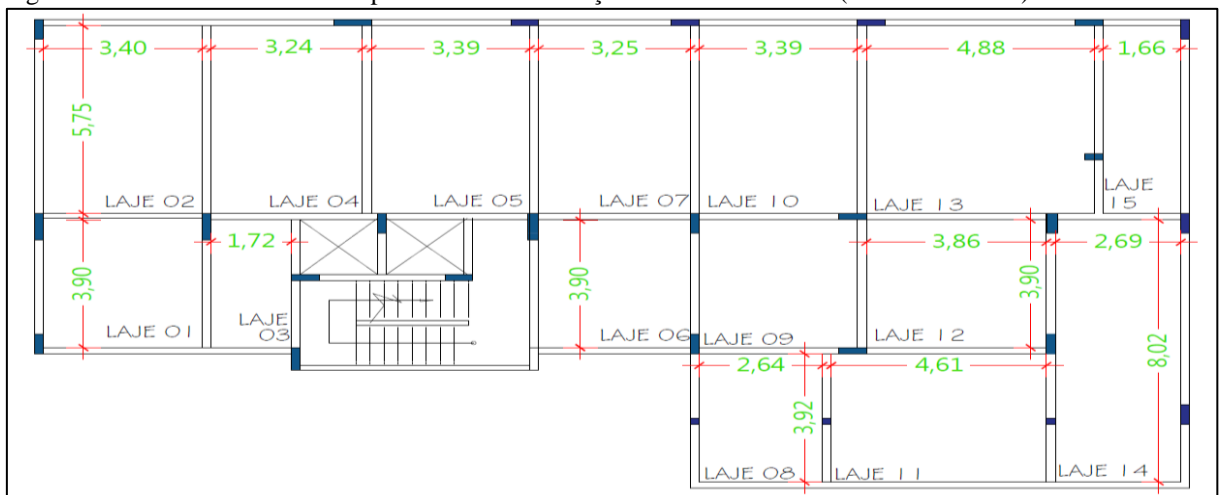
Figura 18 – Planta de fôrma do 2º pavimento com vedações internas em drywall (cotas em metros)



Fonte: O autor

As figuras 18 e 19 (detalhes no apêndice C) ilustram as plantas de fôrmas do 2º pavimento para vedações em ABC e drywall, respectivamente. A diferença deste pavimento para o tipo está no acréscimo de 04 lajes⁷ de cobertura do 1º pavimento. Nestas lajes não existirão vedações verticais.

Figura 19 – Planta de fôrma do 2º pavimento com vedações internas em ABC (cotas em metros)

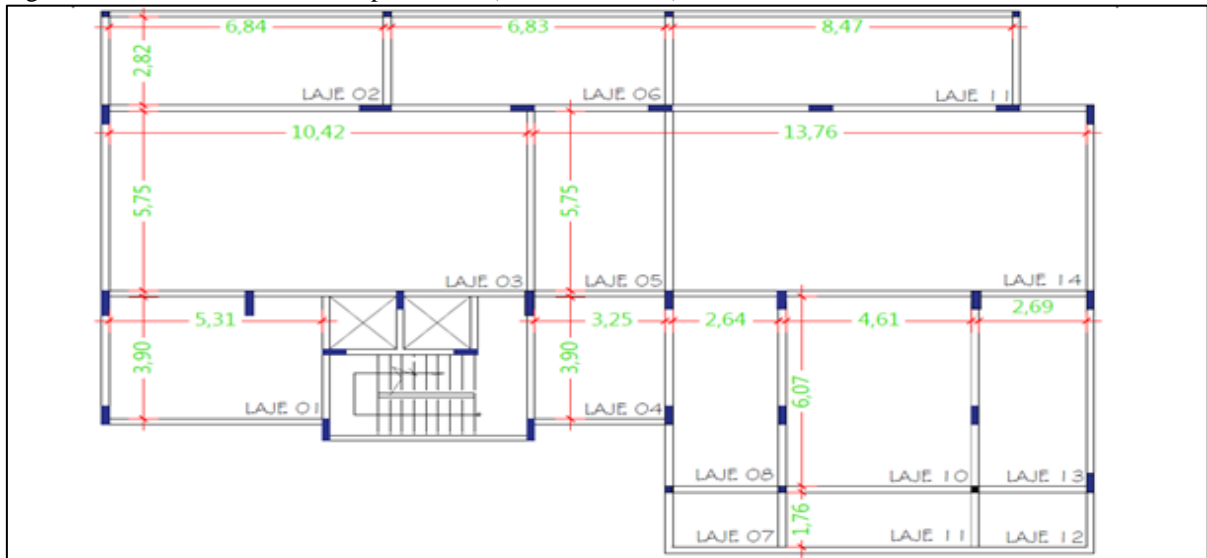


Fonte: O autor

⁷ Na Figura 17, as lajes 03, 04, 07 e 08. Na figura 18, as lajes 08, 11, 14 e 15.

A figura 20 (detalhes no apêndice D) ilustra a planta de fôrma do 1º pavimento. Todas as lajes deste projeto, independente da planta de forma ou do modelo aplicado, serão lajes maciças. A planta de fôrma do cintamento, será a mesma para todos os modelos e está representada no apêndice D.

Figura 20 – Planta de fôrma do 1º pavimento (cotas em metros)



Fonte: O autor

Para o 1º pavimento, foi elaborada apenas uma planta de forma pelo fato de ser um pavimento garagem, com poucas vedações verticais sobre as lajes.

g) Para efeito de comparação, as edificações serão analisadas, em um primeiro momento, sem a atuação do vento e, em um segundo momento, com a atuação do vento. Para este cálculo, utilizou-se a norma NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações, com os seguintes fatores:

- a. Velocidade Básica: 35 m/s
- b. Categoria: IV
- c. Classe: B
- d. Fator Probabilístico: Grupo 2
- e. $C_{ax} = 0,95$
- f. $C_{ay} = 1,32$
- h) Será dimensionada somente a superestrutura da edificação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Comparativo entre Vedações Verticais

A grande diversidade de sistemas de vedações verticais disponíveis no mercado possibilitam a realização de diversos estudos comparativos, como, por exemplo, o estudo de custo, quantidade de mão-de-obra alocada para a sua execução, processos executivos, tempo de execução, etc. Como o intuito final deste estudo será o de analisar a influência das ações de diferentes sistemas de vedação vertical no dimensionamento de estruturas de concreto armado, o dado mais importante a ser extraído e comparado nesta etapa do trabalho é a carga que cada sistema, que, conseqüentemente, resultará em diferentes ações permanentes capazes de produzir estados de tensão ou de deformação na estrutura de concreto armado.

Cada um dos sistemas emprega a utilização de diferentes materiais, gerando composições finais em que o peso específico é uma das principais diferenças.

As vedações verticais de alvenaria de blocos cerâmicos, utilizando blocos de 09 ou 19 cm (13 kN/m^3) e, considerando-se, 1,5 cm de revestimento de argamassa de cal, cimento e areia (19 kN/m^3) em cada face, resultam em uma vedação vertical com espessura final de 12 ou 22 cm, respectivamente, e têm as seguintes cargas:

Carga da ABC, com bloco de 09 cm $0,09 \cdot 13 + 0,03 \cdot 19 = 1,74 \text{ kN/m}^2$.

Carga da ABC, com bloco de 19 cm $0,19 \cdot 13 + 0,03 \cdot 19 = 3,04 \text{ kN/m}^2$.

O LSF, montado na composição chapa *drywall*, perfil 140C, chapa OSB, placa cimentícia e revestimento de placa cimentícia *base coat*, resulta em uma vedação vertical com 17,76 cm de espessura e com o seguinte carga (segundo dados técnicos dos fabricantes de cada componente):

Carga da parede LSF $0,354 \text{ kN/m}^2$

No sistema *drywall*, uma parede simples, com chapas em espessura de 12,5 mm e perfis com 70 mm de largura, tem uma composição final com 9,5 cm de espessura e, segundo fabricantes, com seguinte carga:

Carga da parede *drywall* $0,196 \text{ kN/m}^2$

Em um primeiro comparativo, é possível verificar a relação entre os pesos das vedações em estudo. A tabela 09 traça uma relação entre as cargas geradas pelos sistemas.

Tabela 8 – Relação entre as cargas geradas pelas sistemas de vedações verticais (Sistema 01 / Sistema 02)

		Sistema 02			
		ABC 19	ABC 09	LSF	Drywall
Sistema 01	ABC 19 cm	-	175%	859%	1551%
	ABC 09 cm	57%	-	492%	888%
	LSF	12%	20%	-	181%
	Drywall	6,4%	11,3%	55%	-

Fonte: O autor

Os resultados da tabela 09 indicam que os sistemas *LSF e drywall* são significativamente mais leves que os sistemas em ABC. Entre as vedações que serão utilizadas internamente, o *drywall* tem 11,3% do peso da ABC com bloco de 09 cm. Já nas vedações que serão utilizadas externamente, o LSF tem 12% do peso da ABC com bloco de 19 cm.

A tabela 10 faz um levantamento por pavimento e total da quantidade, em m², de vedações verticais que existem no projeto. Em cada pavimento tipo são 323,04 m² de vedações internas e 238,86 m² de vedações externas. Na tabela, estes valores já estão multiplicados pelos 08 pavimentos tipo existentes no projeto pelo pé direito de 3,0 m, em todos os pavimentos.

Tabela 9 – Quantitativo de vedações verticais

	Vedações Verticais Internas (m ²)	Vedações Verticais Externas (m ²)
Térreo	193,38	282,18
1º Pavimento	32,79	274,68
Pavimento Tipo (8x)	2584,32	1910,88
Total	2810,49	2467,74

Fonte: O autor

Os valores totais encontrados na tabela 10 serão utilizados nas tabelas 11, 12 e 13 para definir o peso e massa totais que as vedações verticais estarão aplicando na estrutura de concreto armado. A tabela 11 indica essas verificações para o modelo 01, com ABC de 19 cm nas vedações externas e ABC de 09 cm nas vedações internas.

Tabela 10 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 01

Modelo 01

Tipo de vedação	Sistema	Carga (kN/m ²)	Área de Vedações (m ²)	Peso total (kN)	Massa total (t)
Interna	ABC 9 cm	1,74	2.810,49	4.890,25	498,67
Externa	ABC 19 cm	3,04	2.467,74	7.501,93	764,99
		Total	5.278,23	12.392,18	1.263,66

Fonte: O autor

A tabela 12 demonstra os resultados encontrados para o modelo 02, com ABC de 19 cm nas vedações externas e *drywall* nas vedações internas.

Tabela 11 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 02

Modelo 02					
Tipo de vedação	Sistema	Carga (kN/m ²)	Área de Vedações (m ²)	Peso total (kN)	Massa total (t)
Interna	ABC 9 cm	1,74	2.810,49	4.890,25	498,67
Externa	LSF	0,354	2.467,74	873,58	89,08
		Total	5.278,23	5.763,83	587,75

Fonte: O autor

A tabela 12 indica os resultados do modelo 03, com LSF nas vedações externas e *drywall* nas vedações internas.

Tabela 12 – Verificações resultantes das cargas das vedações verticais no Modelo 03

Modelo 03					
Tipo de vedação	Sistema	Carga (kN/m ²)	Área de Vedações (m ²)	Peso total (kN)	Massa total (t)
Interna	Drywall	0,196	2.810,49	550,86	56,17
Externa	LSF	0,354	2.467,74	873,58	89,08
		Total	5.278,23	1.424,44	145,25

Fonte: O autor

Ao comparar os resultados encontrados para os 03 modelos do estudo, encontramos uma diferença de peso e massa significativa. O modelo 01, com massa de 1.263,7 toneladas, é o mais pesado dos três. Este modelo é 2,15 vezes mais pesada que o modelo 02, que conta com 587,75

toneladas, e 8,7 vezes mais pesado que o modelo 03, que tem 145,25 toneladas. O modelo 02 é 4,05 vezes mais pesado que o modelo 01. Estes resultados estão demonstrados na tabela 13.

Tabela 13 – Relação de peso entre os modelos de vedações do estudo

MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	
1.263,70 t	587,75 t	145,25 t	
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
MODELO 01	-	215%	870%
MODELO 02	47%	-	405%
MODELO 03	11%	25%	-

Fonte: O autor

Outro número que se pode tirar da tabela 14 é a diferença de massa entre os modelos. A diferença entre o modelo 01 e 02 é de 675,95 toneladas e entre o modelo 01 e 03 é de 1.118,45 toneladas. Já a diferença entre os modelos 02 e 03 é de 442,5 toneladas. Estes números deixam clara a grande diferença de peso entre os sistemas adotados. Essas diferenças, além de influenciarem no dimensionamento, também exercem grande influência durante a execução de uma obra.

A tabela 14 revela a relação da massa total de vedações (t) pela área total de construção (m²). Este é mais um indicador que pode ser utilizado para se fazer comparações entre os sistemas e para se avaliar a estrutura de uma maneira geral. Conforme a tabela, o modelo 01 resulta em 0,54 toneladas por m² de construção, enquanto o modelo 02 resulta em 0,25 t/m² e o modelo 03 em 0,06 t/m².

Tabela 14 – Indicador de massa (t) pela área (m²) construída

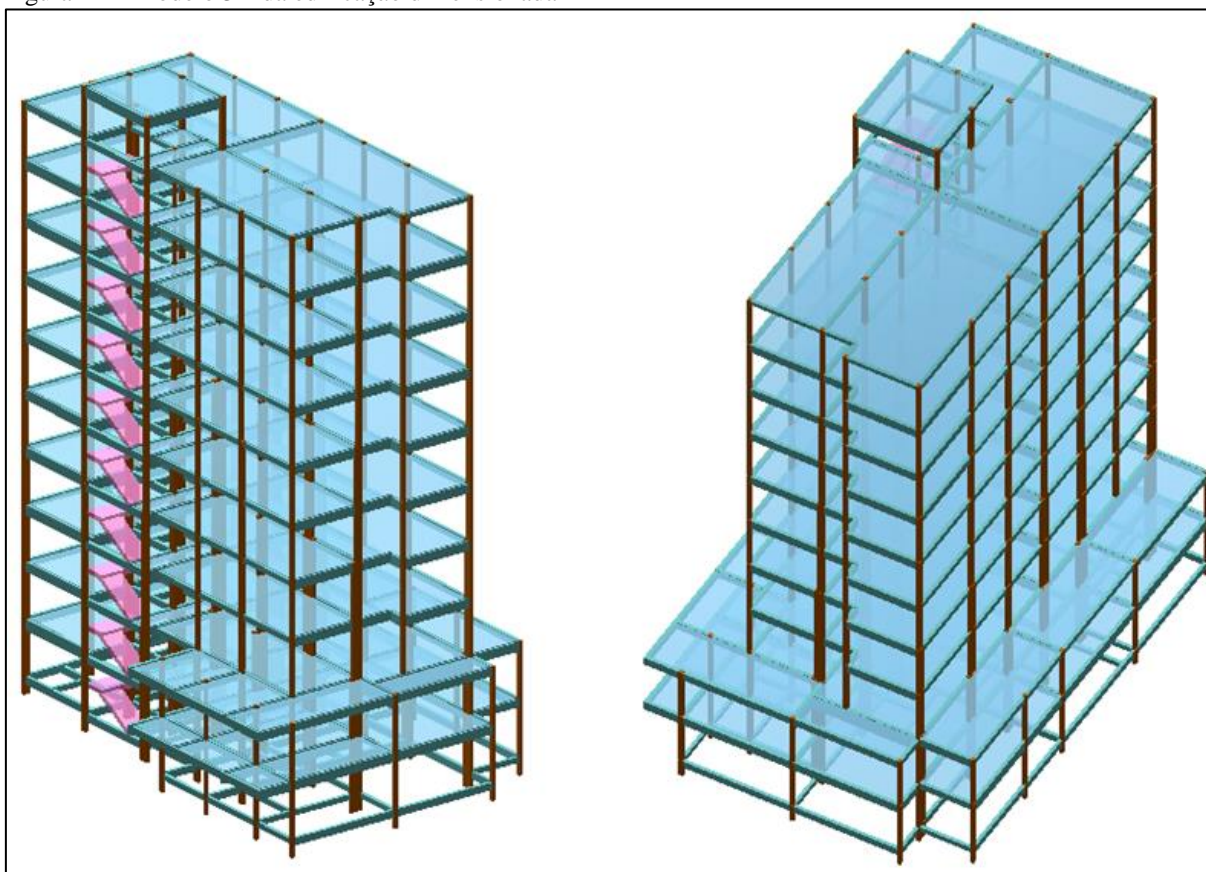
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
Massa total de vedações (t)	1.263,70	587,75	145,25
Área construída (m²)	2.517,62	2.517,62	2.517,62
Massa / Área (t/m²)	0,54	0,25	0,06

Fonte: O autor

5.2 Modelagem 3D

O dimensionamento executado pelo software Cypecad, versão 2016, da CYPE Ingenieros S.A., gerou uma estrutura que, para melhor visualização, está representada na figura 21.

Figura 21 – Modelo 3D da edificação dimensionada



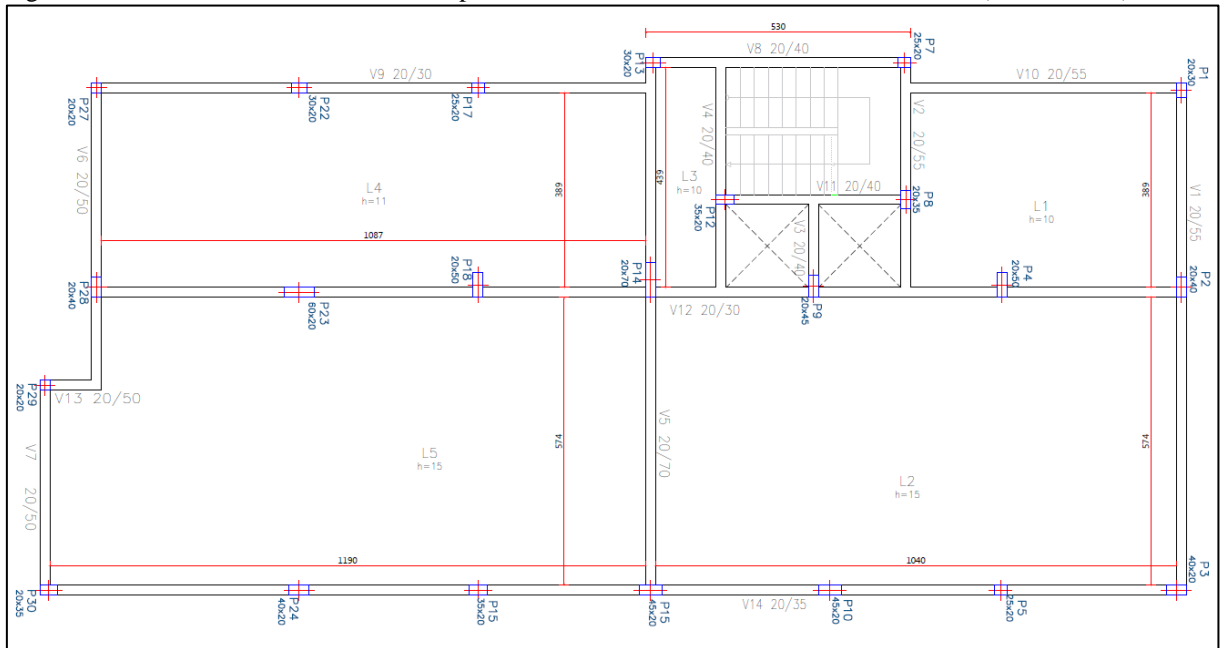
Fonte: O autor

5.3 Forma única – Sem ação do vento

A planta de forma foi baseada no projeto padrão, apresentada no tópico 04. Porém foram necessárias algumas adaptações em seções de vigas e pilares, no intuito de chegar à medidas que atendessem os três modelos propostos.

A figura 22 é um exemplo da planta de forma dimensionada para a situação de forma única sem a ação do vento. É referente ao pavimento tipo do grupo de pisos 4 à 7. Ela pode ser melhor visualizada no apêndice J.

Figura 22 – Planta de Forma Pavimento Tipo – Pisos 04 a 07 – Forma Única – Sem Vento (cotas em cm)



Fonte: o autor

Com o dimensionamento seguindo os modelos apresentados, é possível fazer uma comparação do consumo de material nos elementos estruturais, resultante em cada situação proposta. Em um primeiro momento, estão apresentados os resultados dos projetos com forma única, conforme mostra a tabela 15. Pelo fato de se ter utilizado a mesma planta de forma para os três modelos, o quantitativo de formas e concreto será sempre o mesmo.

Tabela 15 – Quantitativos da obra – Forma única / sem vento

Elemento	MODELO 01	MODELO 02		MODELO 03		
	Barras (kg)	Barras (kg)	Redução p/ Modelo 01	Barras (kg)	Redução p/ Modelo 01	Redução p/ Modelo 02
Lajes	22.436	18.247	18,7%	17.938	20,0%	1,7%
Vigas	8.231	7.426	9,8%	6.512	20,9%	12,3%
Pilares	11.340	8.101	28,6%	6.520	42,5%	19,5%
Total	43.946	35.713	18,7%	32.909	25,1%	7,9%
Índices (p/ m²)	17,46	14,19	18,7%	13,07	25,1%	7,9%

Fonte: O autor

Como os três modelos apresentam os mesmos valores nos quantitativos de formas e volume de concreto, o único que material que terá variação no quantitativo será o aço. Para este material, percebe-se uma queda significativa nos modelos mais leves (02 e 03) em relação ao

modelo tradicional. O modelo 02, em relação ao modelo 01, apresenta 18,73% menos aço. Já o modelo 02, teve uma queda de 18,73% em relação ao modelo 01. Estes valores representam entre 8,2 e 11 toneladas de aço.

O elemento estrutural que teve a maior queda no quantitativo de aço foi o pilar. Enquanto o modelo 02, em relação ao modelo 01, teve uma queda de 28,6% (3,2 t), o modelo 03 teve uma diminuição de 42,5% (4,8 t). As lajes tem uma queda similar nos modelos 02 e 03, na ordem de 20% (aproximadamente 44,3 t). Os valores estão próximos, pois ambos modelos contam com o mesmo carregamento resultantes de vedações em *drywall*. Já para as vigas, a redução no modelo 02 é de apenas 9,8% (1,2 t). Como as vedações externas, apoiadas sobre vigas, geram os mesmos carregamentos no modelo 01 e 02, a diferença está por conta das reações das lajes nas vigas que, no caso do modelo 02, são menores que no modelo 01. Já comparando o modelo 03 com o modelo 01, além de reações menores nas lajes, as ações das vedações externas sobre as vigas, decorrentes do sistema *steel frame* também serão menores, levando a uma redução no quantitativo de aço na casa dos 20% (1,7 t).

Ao comparar os resultados gerais de quantidade de aço da tabela 15 com os resultados da tabela 13 (Relação de peso entre os modelos de vedações do estudo), percebe-se que a redução geral do aço não segue a mesma proporção que a redução de peso entre os modelos de vedação vertical. Para justificar essa diferença, é preciso uma análise das ações verticais que influenciam no dimensionamento da estrutura.

A tabela 16 apresenta os três tipos de ações verticais atuantes no dimensionamento da estrutura. Peso Próprio (PP), Sobrecarga (SC) e Cargas Permanentes (CP). As ações que as vedações verticais exercem estão inseridas nas cargas permanentes. No modelo 01, cujo temos os maiores valores de cargas permanente, estas ações totalizam apenas 36,9% do total de ações, enquanto peso próprio + sobrecarga, totalizam 63,1% das ações. No modelos 03 essa diferença é ainda mais acentuada. Enquanto as ações decorrentes das vedações leves totalizam apenas 6,3% do total, as ações peso próprio + sobrecarga (iguais para os 03 modelos) totalizam 93,4% do total.

Tabela 16 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma única / sem vento

	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03	
Tipo de ação	N (kN)	% do Total	N (kN)	% do Total	N (kN)	% do Total
Peso próprio	15.204	63,1%	15.204	72,3%	15.204	93,4%
Sobrecarga	5.238		5.238		5.238	
Cargas permanentes	11.962	36,9%	7.817	27,7%	1.380	6,3%
TOTAL	32.404	100%	28.259	100%	21.822	100%
Superfície total (m ²)	2.517,62		2.517,62		2.517,62	
q_{médio} (kN/m²)	12,87		11,22		8,67	

Fonte: O autor

Outro valor que podemos destacar na tabela 16, é o valor de $q_{\text{médio}}$ (carga média) encontrados para cada modelo analisado. O valor ideal deve estar entre 10 e 12 kN/m². O modelo 03 tem uma carga média de 8,67, aproximadamente 15% abaixo dos valores encontrados em edificações tradicionais.

Como o aço é a única variável em relação ao quantitativo de materiais, é possível fazer uma comparação entre as taxas de armadura das vigas nos três modelos dimensionados. A tabela 17 demonstra os resultados desta comparação.

Tabela 17 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma única / sem vento

	Aço (kg)	Vol. Concreto (m ³)	Taxa Armadura (kg/m ³)
MODELO 01	7.482,6	126,5	59,2
MODELO 02	6.749,6	126,5	53,4
MODELO 03	5.919,1	126,5	46,8

Fonte: O autor

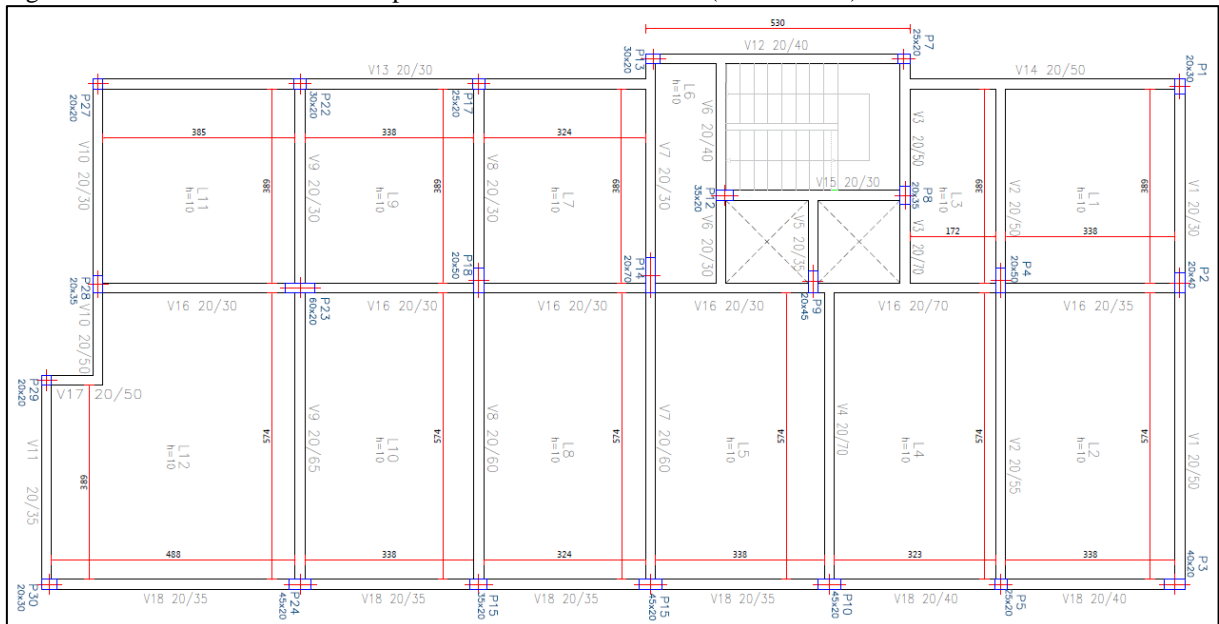
Nos três modelos, a taxa de armadura ficou abaixo do ideal, entre 80 e 100 kg/m³. Um dos fatores que levaram à este resultado foi a opção pela utilização de vigas com seções mais constantes em todo o seu comprimento. Com a redução do aço nos modelos mais leves, consequentemente também houve redução na taxa de armadura de vigas destes modelos.

5.4 Forma Otimizada – Sem ação do vento

Com o intuito de aperfeiçoar o dimensionamento da estrutura nos três modelos propostos, foi realizado um novo dimensionamento. Nesta situação, procurou-se diminuir a seção dos elementos lajes, vigas e pilares, gerando diferenças nos quantitativos de materiais não só em aço, mas também em formas e volume de concreto.

Para o modelo 01, procurou-se utilizar uma planta de forma mais tradicional, com um número maior de vigas e lajes com vãos menores, conforme se vê na figura 23 (apêndice K).

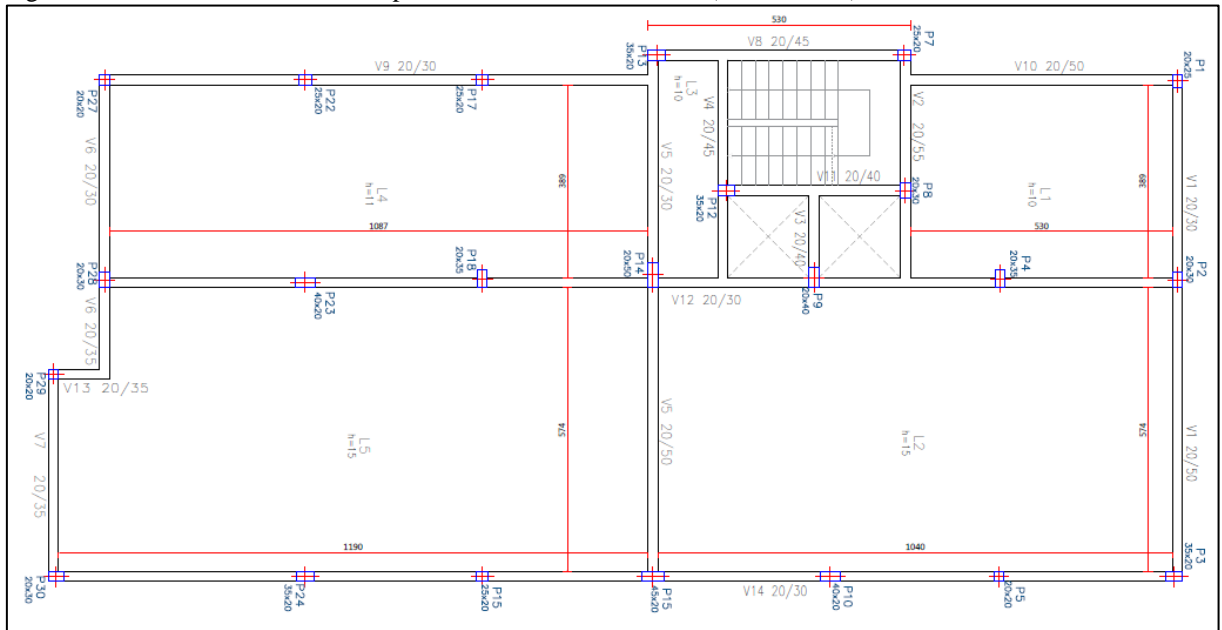
Figura 23 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 01 – Sem vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

Já os modelos 02 e 03, vistos nas figuras 24 e 25 (que podem ser melhor visualizados no apêndice K), seguiram o padrão de planta de formas da situação com formas únicas. Pelo fato de se utilizar vedações internas em *drywall*, que são muito leves, mantiveram-se os grandes vãos de lajes, com um número menor de vigas.

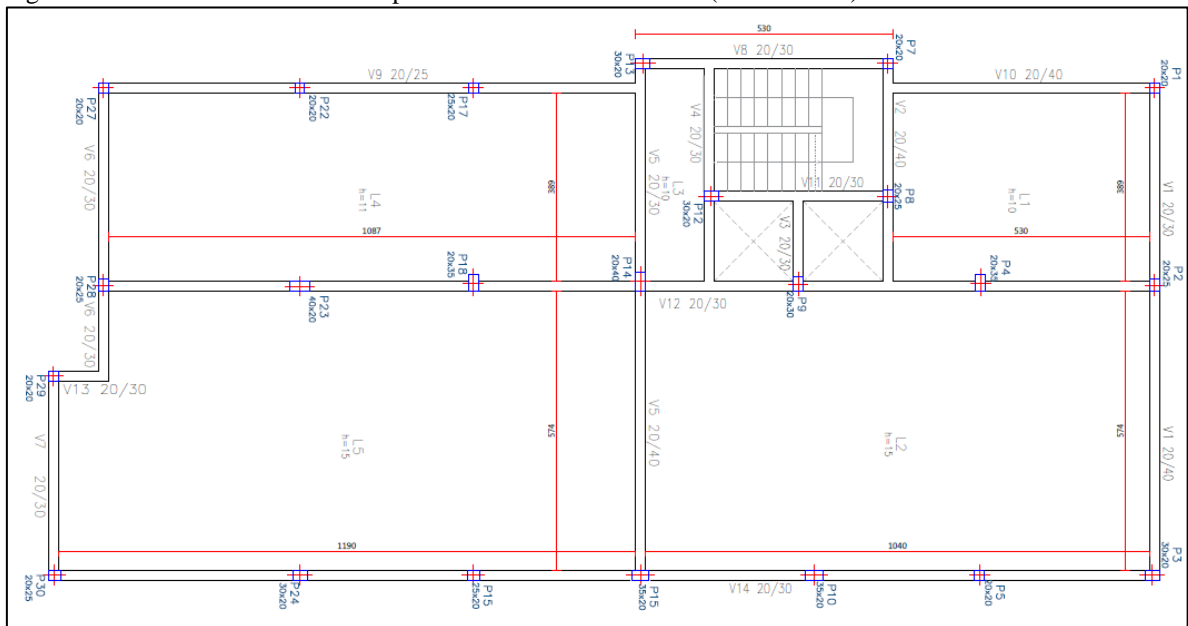
Figura 24 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 02 – Sem vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

Ao comparar os modelos 02 e 03, verifica-se uma diminuição na seção de vigas e pilares. Consequência da diminuição das ações verticais das vedações internas e externas. Um exemplo desta situação é o pilar P14, o mais central da edificação, que tem sua seção reduzida de 20 x 50 cm para 20 x 40 cm.

Figura 25 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 03 – Sem vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

A tabela 18 demonstra os resultados de quantitativos da obra para este novo dimensionamento.

Tabela 18 – Quantitativos da obra – Forma otimizada / sem vento

Elemento	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes	2.143,1	214,6	12.919,0	2.213,6	287,9	18.577,0	2.213,6	287,9	18.518,0
Vigas	354,1	157,8	11.320,0	285,6	113,5	7.528,0	287,7	100,6	6.620,0
Forma lat	1.238,7			860,3			746,3		
Pilares	735,4	48,2	10.763,0	721,9	45,7	9.829,0	677,9	40,4	8.364,0
Escadas	134,1	29,0	1.930,0	134,1	29,0	1.939,0	134,1	29,0	1.930,0
Total	4.605,4	449,6	36.932,0	4.215,4	476,1	37.873,0	4.059,5	457,9	35.432,0
Índices (por m²)	1,829	0,179	14,670	1,674	0,189	15,040	1,613	0,182	14,070

Fonte: O autor

Diferentemente da primeira situação, nestes dimensionamentos constatou-se um quantitativo de aço muito próximo entre os modelos, sendo que o Modelo 02 foi o que mais solicitou aço, com aproximadamente 37,9 toneladas. O modelo 01, com 2,5% a menos de aço e o modelo 03, com 6,5%.

Tabela 19 – Diferença em % nos Quantitativos da obra em relação ao modelo 01 – Forma otimizada / sem vento

Elemento	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes	2.143,1	214,6	12.919,0	3,2%	34,2%	43,8%	3,3%	34,2%	43,3%
Vigas	354,1	157,8	11.320,0	-19,3%	-28,1%	-33,5%	-18,8%	-36,2%	-41,5%
Forma lat	1.238,7			-30,5%			-39,8%		
Pilares	735,4	48,2	10.763,0	-1,8%	-5,2%	-8,7%	-7,8%	-16,2%	-22,3%
Escadas	134,1	29,0	1.930,0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	4.605,4	449,6	36.932,0	-8,5%	5,9%	2,5%	-11,8%	1,8%	-4,1%
Índices (por m²)	1,829	0,179	14,670	-8,5%	5,9%	2,5%	-11,8%	1,8%	-4,1%

Fonte: O autor

Ao analisar a tabela 19, constata-se que a razão do maior volume de concreto total nos modelos 02 e 03 são em razão das plantas de formas escolhidas. Como os modelos 02 e 03 possuem lajes com vãos muito grandes, de até 11,9 m, a espessura mínima da laje ficou em 15

cm, elevando o consumo de concreto em 34,2% (73,3 m³) somente neste elemento estrutural. Outra consequência dos grandes vãos de lajes, foi a solicitação de 43,3% mais aço, o que gira em torno de 5,6 t.

Já com relação as vigas, há uma grande redução na quantidade de formas, concreto e aço. Mesmo com maior peso próprio da laje nos dois modelos mais leves (02 e 03), a redução nas ações verticais das vedações foi suficiente para diminuir as reações das lajes nas vigas, conseguindo otimizar as seções das vigas. A redução no volume de concreto e quantidade de aço, no modelo 02, foi de 28,1% e 33,5%, respectivamente. Já no modelo 03, com as vedações verticais externas, incidentes sobre as vigas, são ainda mais leves que no modelo 02 (*steel frame* x ABC 19 cm), a redução foi ainda maior. Sendo 36,2% e 41,5% para concreto e aço, respectivamente.

Para os pilares, houve também uma redução significativa em seus quantitativos de materiais, porém menores se comparadas às vigas. No modelo 02, a redução foi de 5,2% para concreto e 8,7% para aço. Seguindo a mesma premissa das vigas, a redução nos pilares do modelo 03 foi ainda maior, sendo 16,2% para concreto e 22,3% para aço.

De forma geral, vale ressaltar que a queda nos quantitativos de formas, concreto e aço, nas vigas e pilares dos modelos 02 e 03 foram significativas, somente pela alteração das ações decorrentes das vedações verticais, porém a escolha do tipo de laje (maciça com grande vãos) levou à consumos de concreto e aço muito elevados nos modelos 02 e 03, que acabaram gerando, no total, um maior consumo de materiais.

Tabela 20 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / sem vento

	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03	
Tipo de ação	Valor	% do Total	Valor	% do Total	Valor	% do Total
Peso próprio	14.148,0	61,8%	14.779,0	72%	14.323,0	93,4%
Sobrecarga	5.239,9		5.243,3		5.247,9	
Cargas permanentes	11.963,0	38,2%	7.820,0	28%	1.384,5	6,6%
TOTAL	31.350,9	100%	27.842,3	100%	20.955,4	100%
Superfície total	2.517,6		2.517,6		2.517,6	
Q_{médio}	12,45		11,06		8,32	

Fonte: O autor

Os resultados da tabela 20 demonstram que a relação entre ‘peso próprio + sobrecarga’ e ‘cargas permanentes’ continua praticamente a mesma se comparada aos resultados da tabela

16 (forma única, sem vento). Com a otimização das plantas de forma, foi possível reduzir algumas seções, reduzindo o peso próprio da edificação. Porém, em relação à primeira situação, de dimensionamento com forma única, não foi uma redução significativa.

As taxa de armadura para os modelos otimizados melhoraram e se mostraram mais homogêneas entre os três modelos. Porém ainda estão abaixo do ideal (entre 80 e 100 kg/m³). O modelo 03 foi o que apresentou maior diferença em relação à primeira situação, de forma única, com aumento de 27,7%. A tabela 20 apresenta estes resultados.

Tabela 21 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma otimizada / sem vento

	Aço (kg)	Vol. Concreto (m ³)	Taxa Armadura (kg/m ³)
MODELO 01	10.288,9	157,8	65,2
MODELO 02	6.843,0	113,5	60,3
MODELO 03	6.014,9	100,6	59,8

Fonte: O autor

5.5 Parâmetro Gama Z

O processo de avaliação dos efeitos de 2ª ordem mediante multiplicação dos momentos de 1ª ordem por um coeficiente ‘Gama Z’ baseia-se na hipótese de que as sucessivas linhas elásticas devidas à ação da carga vertical aplicada numa estrutura com os nós deslocados se sucedem segundo uma progressão geométrica.

Uma vez que o valor de ‘Gama Z’ representa o próprio efeito de 2ª ordem, deve-se satisfazer à condição ‘Gama Z ≤ 1,10 para que no dimensionamento a estrutura possa ser considerada de nós indeslocáveis, tornando o efeito do vento, desprezível.

Este critério é apresentado pela Norma NBR 6118/2014 e verifica a condição de os deslocamentos horizontais da estrutura não ultrapassem em mais de 10% aos deslocamentos obtidos da análise estática linear de 1ª ordem.

Seguindo esta premissa, calculou-se o Gama Z, através do software Cypecad, para os três modelos em estudo, tanto para a situação com forma única, como para a situação com formas otimizadas. A tabela 22 apresenta os resultados para Gama Z.

Tabela 22 – Fator Gama Z – Modelos 01, 02 e 03 – Forma Única Otimizada

GAMA Z									
FORMA ÚNICA									
FORMA OTIMIZADA									
	PP	CP	SC	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
VENTO +X	1	1	0	1,0685	1,0568	1,0411	1,0596	1,0879	1,0828
	1,4	1,4	0	1,0986	1,0814	1,0585	1,0855	1,1276	1,1199
	1	1	0,7	1,0775	1,0656	1,0496	1,0678	1,1022	1,1018
	1,4	1,4	0,7	1,1081	1,0906	1,0673	1,0941	1,1430	1,1402
	1	1	1,4	1,0866	1,0746	1,0583	1,0760	1,1169	1,1214
	1,4	1,4	1,4	1,1178	1,1000	1,0763	1,1128	1,1588	1,1612
VENTO -X	1	1	0	1,0685	1,0568	1,0411	1,0596	1,0879	1,0828
	1,4	1,4	0	1,0986	1,0814	1,0585	1,0855	1,1276	1,1199
	1	1	0,7	1,0775	1,0656	1,0496	1,0678	1,1022	1,1018
	1,4	1,4	0,7	1,1081	1,0906	1,0673	1,0941	1,1430	1,1402
	1	1	1,4	1,0866	1,0746	1,0583	1,0760	1,1169	1,1214
	1,4	1,4	1,4	1,1178	1,1000	1,0763	1,1128	1,1588	1,1612
VENTO +Y	1	1	0	1,0626	1,0522	1,0376	1,0655	1,0662	1,0657
	1,4	1,4	0	1,0899	1,0747	1,0535	1,0941	1,0952	1,0944
	1	1	0,7	1,0707	1,0601	1,0453	1,0744	1,0766	1,0803
	1,4	1,4	0,7	1,0984	1,0829	1,0614	1,1035	1,1061	1,1099
	1	1	1,4	1,0789	1,0682	1,0531	1,0834	1,0872	1,0954
	1,4	1,4	1,4	1,1070	1,0913	1,0695	1,1131	1,1173	1,1258
VENTO -Y	1	1	0	1,0626	1,0522	1,0376	1,0655	1,0662	1,0657
	1,4	1,4	0	1,0899	1,0747	1,0535	1,0941	1,0952	1,0944
	1	1	0,7	1,0707	1,0601	1,0453	1,0744	1,0766	1,0803
	1,4	1,4	0,7	1,0984	1,0829	1,0614	1,1035	1,1061	1,1099
	1	1	1,4	1,0789	1,0682	1,0531	1,0834	1,0872	1,0954
	1,4	1,4	1,4	1,1070	1,0913	1,0695	1,1131	1,1173	1,1258

Fonte: O autor

Os resultados para forma única demonstram que Gama Z foi maior que 1,1 apenas no modelo 01. Com vento na direção X, e combinação PP (peso próprio) 1,4; CP (Cargas Permanentes) 1,4; SC (Sobrecarga) 1,4, o parâmetro Gama Z chegou ao valor de 1,1178. Com vento na direção Y, e mesma combinação PP, CP e SC, o valor para Gama Z ficou em 1,1070. Como os modelos 02 e 03 seguem a mesma forma, mantendo-se igual as ações de peso próprio e sobrecarga e diminuindo as ações de carga permanente, os valores para Gama Z diminuem também.

Para a situação com formas otimizadas, os três modelos apresentaram valores de Gama Z, superiores a 1,1. Tanto com ventos na direção X, quanto para ventos na direção Y.

O modelo 01 apresentou o parâmetro maior que 1,1, tanto em X quanto em Y, apenas para a combinação:

- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 1,4.

Já os modelos 02 e 03 apresentaram os parâmetros Gama Z maiores que 1,1 com ventos na direção X, nas combinações:

- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 0.
- PP – 1,0; CP – 1,0; SC – 0,7.
- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 0,7.
- PP – 1,0; CP – 1,0; SC – 1,4.
- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 1,4.

E os parâmetros com ventos na direção Y:

- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 0,7.
- PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 1,4.

Para diminuir o parâmetro Gama Z, tanto nas situações de forma única, quanto nas situações de formas otimizadas, foi preciso aumentar a estabilidade global da edificação, tanto no eixo X, quanto no eixo Y.

Nos casos com forma única, foram alteradas seções de vigas e pilares do Modelo 01. A nova forma foi também utilizada para os modelos 02 e 03, de forma que os três modelos continuassem com as mesmas formas de planta.

Para os modelos otimizadas, seguiu-se o mesmo padrão. Em todas as etapas do projetos, o dimensionamento seguiu a ordem laje, vigas, pilares. Então, no modelo 01, alterou-se a seção das vigas que, ao adicionar o fator vento, não passavam no dimensionamento e, em seguida, alterou-se a seção dos pilares, para aumentar a estabilidade global da estrutura.

Os modelos 02 e 03, com os fatores Gama Z mais elevados, seguiriam o mesmo procedimento. Porém, o software passou a não aceitar alterações nas seções de vigas. Foi necessário, então, mudar a sequência de dimensionamento. Primeiro, aumentou-se a seção dos pilares, enrijecendo a estrutura, para depois alterar a seção das vigas.

Com as alterações realizadas, aumentando a rigidez dos pórticos, verificaram-se novos resultados para o parâmetro Gama Z, conforme a tabela 22.

Tabela 23 – Fator Gama Z – Modelos 01, 02 e 03 – Forma Única Otimizada - Atualizada

GAMA Z									
FORMA ÚNICA									
FORMA OTIMIZADA									
	PP	CP	SC	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
VENTO +X	1	1	0	1,0520	1,0433	1,0315	1,0511	1,0574	1,0489
	1,4	1,4	0	1,0744	1,0617	1,0446	1,0730	1,0822	1,0698
	1	1	0,7	1,0587	1,0498	1,0378	1,0579	1,0662	1,0593
	1,4	1,4	0,7	1,0813	1,0684	1,0511	1,0801	1,0915	1,0806
	1	1	1,4	1,0654	1,0564	1,0443	1,0649	1,0752	1,0699
	1,4	1,4	1,4	1,0884	1,0753	1,0577	1,0874	1,1009	1,0917
VENTO -X	1	1	0	1,0520	1,0433	1,0315	1,0511	1,0574	1,0489
	1,4	1,4	0	1,0744	1,0617	1,0446	1,0730	1,0822	1,0698
	1	1	0,7	1,0587	1,0498	1,0378	1,0579	1,0662	1,0593
	1,4	1,4	0,7	1,0813	1,0684	1,0511	1,0801	1,0915	1,0806
	1	1	1,4	1,0654	1,0564	1,0443	1,0649	1,0752	1,0699
	1,4	1,4	1,4	1,0884	1,0753	1,0577	1,0874	1,1009	1,0917
VENTO +Y	1	1	0	1,0554	1,0463	1,0335	1,0477	1,0471	1,0417
	1,4	1,4	0	1,0794	1,0661	1,0476	1,0680	1,0672	1,0594
	1	1	0,7	1,0625	1,0532	1,0403	1,0539	1,0542	1,0505
	1,4	1,4	0,7	1,0867	1,0732	1,0545	1,0745	1,0746	1,0684
	1	1	1,4	1,0696	1,0602	1,0471	1,0603	1,0614	1,0594
	1,4	1,4	1,4	1,0942	1,0805	1,0615	1,0811	1,0820	1,0777
VENTO -Y	1	1	0	1,0554	1,0463	1,0335	1,0477	1,0471	1,0417
	1,4	1,4	0	1,0794	1,0661	1,0476	1,0680	1,0672	1,0594
	1	1	0,7	1,0625	1,0532	1,0403	1,0539	1,0542	1,0505
	1,4	1,4	0,7	1,0867	1,0732	1,0545	1,0745	1,0746	1,0684
	1	1	1,4	1,0696	1,0602	1,0471	1,0603	1,0614	1,0594
	1,4	1,4	1,4	1,0942	1,0805	1,0615	1,0811	1,0820	1,0777

Fonte: O autor

Com o aumento da seção, foi possível diminuir o parâmetro Gama Z de todos os modelos. O maior parâmetro encontrado, então, foi no modelo 02 para as combinações PP – 1,4; CP – 1,4; SC – 1,4; com vento na direção X, com valor de 1,10. Valor limite para considerar a estrutura como indeslocável (nós fixos) e, neste caso, dispensar as considerações de 2ª ordem.

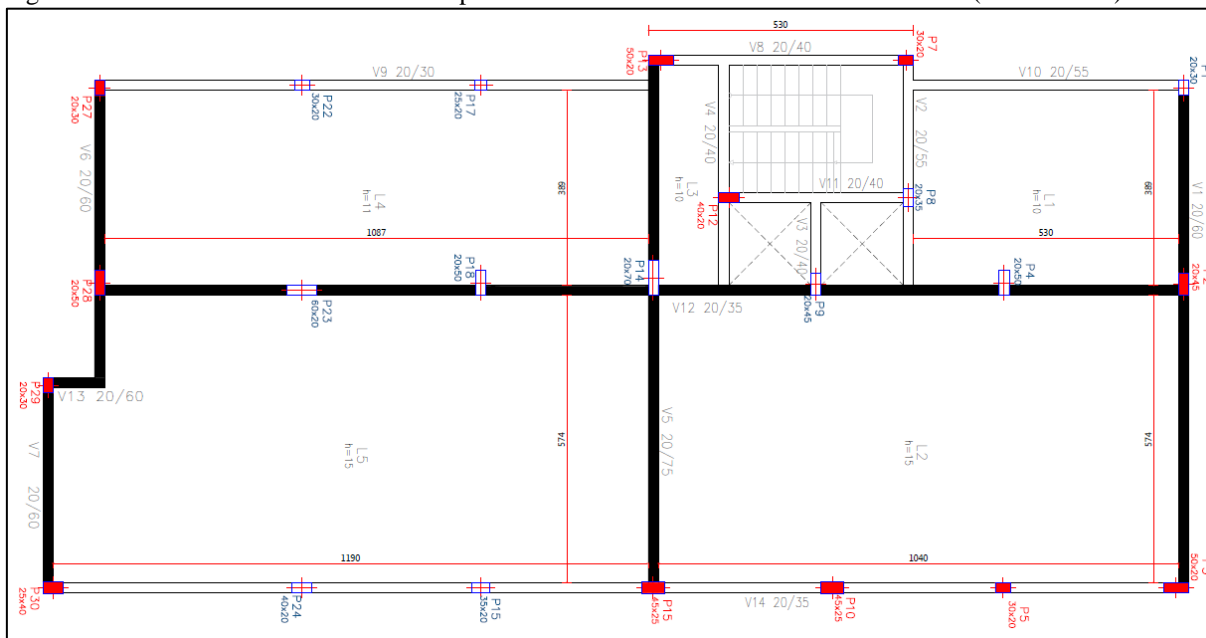
5.6 Forma única – Com ação do vento

A figura 26 apresenta a planta de forma do pavimento tipo, agora com a ação do vento. Nelas estão destacadas os elementos estruturais que sofreram alterações. Com relação às vigas, as que estão hachuradas em preto tiveram aumento de 5 cm, sendo elas as vigas centrais, que cortam o a edificação nos 02 eixos, e nas vigas laterais, no sentido de menor inercia da edificação.

Quanto aos pilares, vistos na figura 26 (apêndice L) os que estão hachurados em vermelho, tiveram a sua seção alterada, de forma a aumentar a rigidez do elemento e,

consequentemente, a estabilidade global da edificação. Comparada à situação sem vento, 12 pilares tiveram a sua seção aumentada.

Figura 26 – Planta de Forma Pavimento Tipo – Pisos 04 a 07 – Forma Única – Com vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

Com os parâmetros acertados e as estruturas novamente dimensionadas, podemos observar na tabela 24 os seguintes resultados no quantitativo de materiais dos modelos dimensionados com forma única.

Tabela 24 – Quantitativos da obra – Forma única / com vento

Elemento	MODELO 01	MODELO 02		MODELO 03		
	Barras (kg)	Barras (kg)	Redução p/ Modelo 01	Barras (kg)	Redução p/ Modelo 01	Redução p/ Modelo 02
LAJES	24.022,0	20.840,0	13,2%	19.392,0	19,3%	6,9%
Vigas	13.815,0	12.576,0	9%	9.220,0	33,3%	26,7%
Pilares	11.527,0	9.903,0	14,1%	7.399,0	35,8%	25,3%
Escadas	1.939,0	1.939,0	0%	1.939,0	0%	0%
Total	51.303,0	45.258,0	11,8%	37.950,0	26%	16,1%
Índices (por m²)	20,38	17,97	11,8%	15,070	26%	16,1%

Fonte: O autor

Os dados demonstram que, independentemente do fator vento, os modelos mais leves (02 e 03) solicitam menos aço em seu dimensionamento. Com relação ao primeiro dimensionamento, sem atuação do vento, houve um aumento significativo na quantidade de aço

solicitado. A tabela 25 representa os valores de taxa de armadura nesta situação, com os valores do modelo 01 e 02 dentro da faixa considerada ideal de 80 a 100 kg/m³.

Tabela 25 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma única / Com vento

	Aço (kg)	Vol. Concreto (m ³)	Taxa Armadura (kg/m ³)
MODELO 01	12.558,6	128,7	97,6
MODELO 02	11.435,1	128,7	88,9
MODELO 03	8.380,2	128,7	65,1

Fonte: O autor

Ao comparar o quantitativo de materiais para a situação de forma única com e sem vento, percebe-se que não só o aço aumentou significativamente, como o volume de concreto também. A tabela 26 detalha os aumentos nas quantidades de aço, destacando o aumento de quase 70% nas armaduras das vigas. Já a tabela 27 demonstra o aumento nos quantitativos de volume de concreto.

Tabela 26 – Comparação Aço – Forma única sem vento x forma única com vento

	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	SEM VENTO	COM VENTO	% AUMENTO	SEM VENTO	COM VENTO	% AUMENTO	SEM VENTO	COM VENTO	% AUMENTO
Aço Lajes (kg)	22.436	24.022	7,07%	18.247	20.840	14,21%	17.938	19.392	8,11%
Aço Vigas (Kg)	8.231	13.815	67,84%	7.426	12.576	69,35%	6.512	9.220	41,58%
Aço Pilares (kg)	11.340	11.527	1,65%	8.101	9.903	22,24%	6.520	7.399	13,48%
Aço Total	43.946	51.303	16,74%	35.713	45.258	26,73%	32.909	37.950	15,32%
kg/m ²	17	20	16,72%	14	18	26,64%	13,07	15,07	15,30%

Fonte: O autor

Tabela 27 – Comparação Concreto – Forma única sem vento x forma única com vento

MODELOS 01, 02 e 03					
	Concreto Lajes (kg)	Concreto Vigas (Kg)	Concreto Pilares (kg)	Concreto Total	m ³ /m ²

SEM VENTO	287,90	126,40	49,80	493,20	0,195
COM VENTO	287,90	128,70	55,50	501,00	0,199
% AUMENTO	0,00%	1,82%	11,45%	1,58%	2,05%

Fonte: O autor

O aumento do volume de concreto se torna necessário para aumentar a rigidez da edificação, de formar a atender, também, as novas cargas horizontais resultantes das ações de vento. Essa afirmação se justifica ao verificar que os elementos que têm o maior aumento no volume concreto são os pilares, com 11,45%.

Os índices de carga média para esta situação pouco se diferenciaram em relação ao dimensionamento com forma única sem a aplicação do vento. Como a forma única se baseia no modelo 01, com ABC tanto externo quanto interno, que tem maior rigidez, o aumento se deu apenas nas ações do peso próprio (aumento das seções dos pilares e vigas). Em termos gerais, as ações horizontais derivadas do vento foram pouco significativas para o aumento da carga média da edificação nesta situação. Estes dados são vistos na tabela 28 em comparação com os dados da tabela 16 (p.50).

Tabela 28 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / sem vento

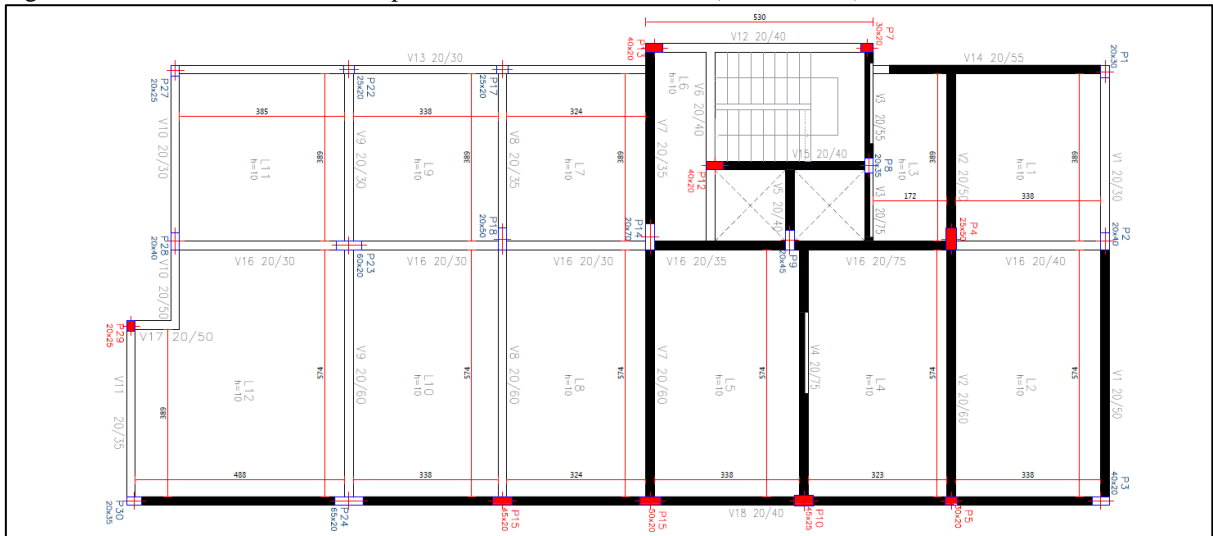
	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03	
Tipo de ação	Valor	% do Total	Valor	% do Total	Valor	% do Total
Peso próprio	15.411,0	63,3%	15.411,0	72,5%	15.411,0	93,7%
Sobrecarga	5.233,0		5.233,0		5.233,0	
Cargas permanentes	11.960,0	36,7%	7.815	27,5%	1.378,0	6,3%
TOTAL	32.604,0	100%	28.459,0	100%	22.022,0	100%
Superfície total	2.517,6		2.517,6		2.517,6	
$q_{\text{médio}}$	12,95		11,30		8,75	

Fonte: O autor

5.7 Forma Otimizada – Com ação do vento

O modelo 01, por ter sido dimensionado com mais vigas na situação otimizada, teve a sua estabilidade global aumentada. Como se vê na planta de forma da figura 27, pilares e vigas mais centralizados tiveram suas seções alteradas (elementos hachurados).

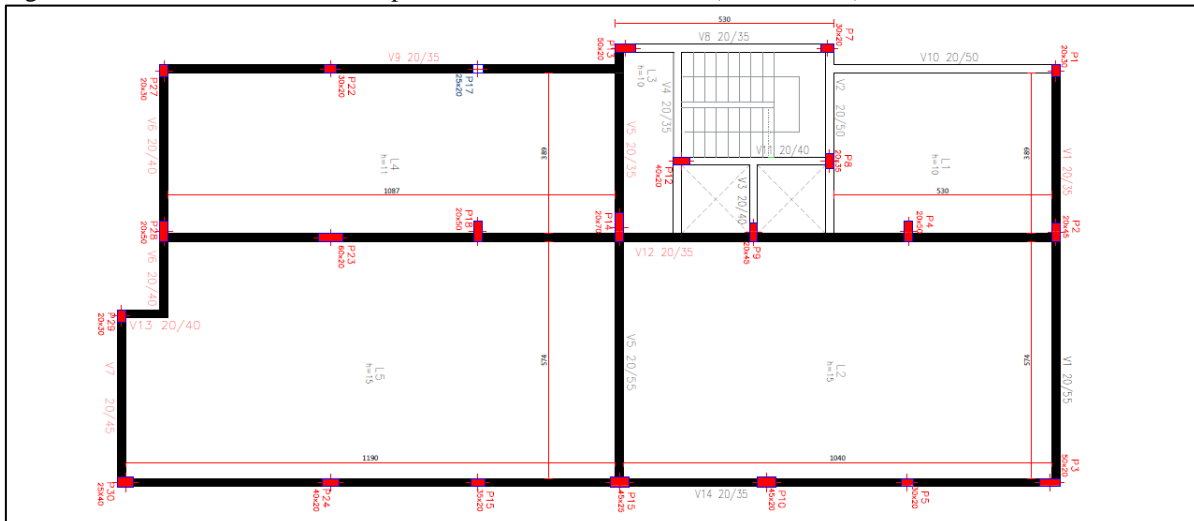
Figura 27 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 01 – Com vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

Já para os modelos 02 e 03, os mais leves, existiram grandes alterações nas seções de vigas e pilares. Com os maiores parâmetros Gama Z, aumentar a seção de vigas e pilares foi uma solução para aumentar a rigidez, a estabilidade global e, conseqüentemente, diminuir este parâmetro.

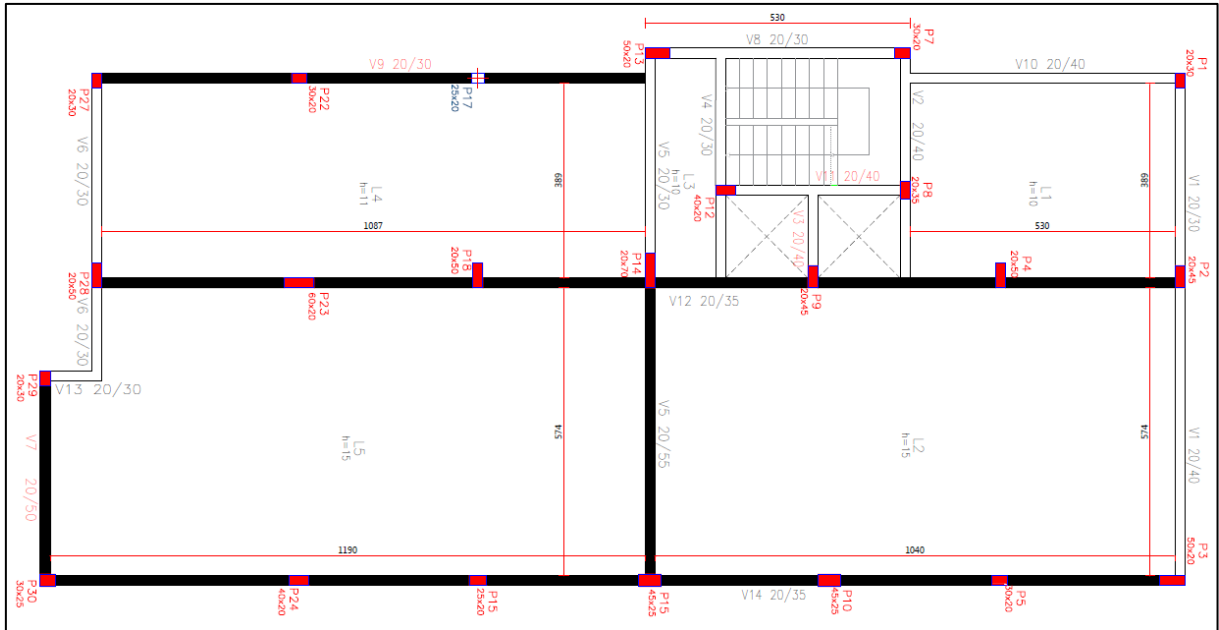
Figura 28 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 02 – Com vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

O comportamento entre os modelos 02 e 03, conforme indicam as figuras 28 e 29 (também vistas no apêndice L), foi bastante parecido, com alteração na seção de 22 pilares, ficando apenas o P17 com a mesma seção de dimensionamento sem a consideração do vento.

Figura 29 – Planta de Forma Pav. Tipo – Modelo 03 – Com vento (cotas em cm)



Fonte: O autor

A última situação de dimensionamento a ser analisada é referente à forma otimizada com ação do vento. Dentre as situações analisadas, esta é a que está mais próxima dos projetos executados em canteiros de obra e nos permite duas análises distintas. A primeira, uma comparação entre os três modelos propostos e a segunda, uma comparação entre dimensionamento com e sem vento.

Tabela 29 – Quantitativos da obra – Forma Otimizada / com vento

Elemento	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	2.142,8	214,6	14.687,0	2.212,7	287,9	20.628,0	2.212,7	287,9	20.910,0
Vigas	352,4	164,5	17.272,0	283,6	123,6	10.464,0	282,3	107,4	9.833,0
Forma lat	1.293,3			933,3			792,5		
Pilares	774,1	52,7	13.287,0	814,2	56,6	8.584,0	828,2	57,3	7.607,0
Escadas	134,1	29,0	1.930,0	134,1	29,0	1.939,0	134,1	29,0	1.930,0
Total	4.696,7	460,8	47.176,0	4.377,9	497,1	41.615,0	4.249,8	481,5	40.280,0
Índices (por m²)	1,865	0,183	18,740	1,738	0,197	16,520	1,688	0,191	16,000

Fonte: O autor

A tabela 29 demonstra os quantitativos de obra. Diferentemente das situações anteriores, agora destaca-se um aumento do volume de concreto dos modelos 02 e 03 para o modelo 01. Isto se deve à escolha do tipo de laje utilizada nos modelos mais leves, uma vez que, com vãos maiores, a espessura da laje maciça tende a ser maior, consumindo mais concreto e aço e

também ao fato de se ter que aumentar a seção dos pilares para aumentar a rigidez e estabilidade da estrutura frente às ações horizontais de vento.

Tabela 30 – Quantitativos da obra – Forma Otimizada / com vento – Redução em relação ao modelo 01

Elemento	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	2.142,8	214,6	14.687,0	3,3%	34,1%	40,5%	3,3%	34,1%	42,4%
Vigas	352,4	164,5	17.272,0	-19,5%	-24,9%	-39,4%	-19,9%	-34,7%	-43,1%
Forma lat	1.293,3			-27,8%			-38,7%		
Pilares	774,1	52,7	13.287,0	5,2%	7,5%	-35,4%	7,0%	8,7%	-42,7%
Escadas	134,1	29,0	1.930,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total	4.696,7	460,8	47.176,0	-6,8%	7,9%	-11,8%	-9,5%	4,5%	-14,6%
Índices (por m²)	1,865	0,183	18,740	-6,8%	7,7%	-11,8%	-9,5%	4,4%	-14,6%

Fonte: O autor

A tabela 30 destaca o aumento considerável no quantitativo de material das lajes dos modelos 02 e 03, resultantes do tipo de laje escolhido. Já nas vigas, os modelos 02 e 03 apresentam quantitativos de material muito abaixo do modelo 01. Para aço, a queda gira em torno dos 40% para os modelos 02 e 03, já para volume de concreto, no modelo 02 diminui 24,9%, enquanto no modelo 03 diminui 34,7%.

Já com relação aos pilares, acontece um aumento de aproximadamente 8% no volume de concreto, enquanto no aço uma diminuição de 35,4 e 42,7% nos modelos 02 e 03, respectivamente. O aumento no volume de concreto dos pilares se deve exclusivamente à necessidade de se aumentar à rigidez dos pilares frente às solicitações impostas pelo vento.

Tabela 31 – Taxa de Armadura – Vigas – Forma otimizada / Com vento

	Aço (kg)	Vol. Concreto (m ³)	Taxa Armadura (kg/m ³)
MODELO 01	15.699,1	164,5	95,4
MODELO 02	9.514,9	123,6	77,0
MODELO 03	8.938,4	107,4	83,3

Fonte: O autor

As taxas de armadura, conforme resultados expostos na tabela 31, apontam à um aumento exponencial no modelo 03, que com o valor de 83,3 kg/m³ entra na faixa considerada ideal (80 a 100 kg/m³) para este índice. O modelo 03 atingiu uma taxa maior que o modelo 02.

Uma explicação para este fato é que o dimensionamento para o modelo 02 poderia ser melhor otimizado, no caso das vigas.

Quanto ao índice de carga média, o padrão não se altera para os dimensionamentos feitos anteriormente. Isso porque as cargas permanentes e a sobrecarga permanecem as mesmas em todas as situações e as alterações nos valores de peso próprio não são significativas a ponto de mudar este padrão.

Tabela 32 – Ações Verticais e Índice de carga médio – Forma otimizada / com vento

Tipo de ação	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03	
	kN	% do Total	kN	% do Total	kN	% do Total
Peso próprio	14.430,0	62,2%	15.307,0	72,4%	14.923,0	93,6%
Sobrecarga	5.235,0		5.235,0		5.235,0	
Cargas permanentes	11.961,0	37,8%	7.817,0	27,6%	1.378,1	6,4%
TOTAL	31.626,0	100%	28.359,0	100%	21.536,1	100%
Redução em relação ao Modelo 01		0%		-10,33%		-31,9%
Superfície total		2.517,6		2.517,6		2.517,6
$q_{\text{médio}}$		12,56		11,26		8,55

Fonte: O autor

A tabela 32 fornece um dado muito significativo, que é relativo ao total das ações resultantes de toda edificação. Enquanto o modelo 01, que é o mais convencional, resulta em uma carga final total na fundação de 31.626 kN, o modelo 02 tem capacidade de reduzir em 10,33% (3.267 kN) este valor. Já o modelo 03, com 21.536,1 kN, reduz em 31,9% as cargas que resultantes da edificação. Estes números demonstram que, por mais que os sistemas de vedações mais leves geram ações sobre as lajes até 88% menores que os convencionais, ele só equivale a 6,4% (caso do modelo 03) dos carregamentos totais atuantes na estrutura.

Considerar a atuação do vento é uma premissa básica no dimensionamento estrutural. As tabelas 33, 34 e 35 demonstram as diferenças encontradas nos quantitativos de materiais, apenas devido apenas à inclusão do fator vento no dimensionamento.

Tabela 33 – Variação da Taxa de Armadura de Vigas – Forma otimizada – sem vento x com vento

	Sem Vento	Com vento	Variação
MODELO 01	65,2	95,4	46,31%

MODELO 02	60,3	77,0	27,7%
MODELO 03	59,8	83,3	39,3%

Fonte: O autor

A taxa e armadura para vigas, nos três modelos, aumentaram consideravelmente. Destaque para o modelo 01, com aumento de 43,31%. O único modelo que não entrou na faixa considerada ideal (80 a 100 kg/m³) foi o modelo 02. Possivelmente, uma melhor otimização da estrutura levaria a taxa de armaduras superiores, o que comprova que o dimensionamento pode ser sempre aperfeiçoado.

A tabela 34 apresenta a variação no volume de concreto entre os projetos com vento e sem vento. O volume de concreto das lajes permaneceu o mesmo, o que mostra que as ações decorrentes dos ventos não incidem no dimensionamento e, conseqüentemente, na espessura das lajes.

Com relação às vigas, o modelo 01 e modelo 02 tiveram aumentos menores, sendo 4,2% e 6,7%, respectivamente. Já o modelo 03 apresentou um aumento significativo de 39,0% no volume de concreto em relação às vigas do dimensionamento sem o vento.

O maior destaque para o aumento no volume de concreto vai para os pilares, principalmente dos modelos 02 e 03, com aumento de 24,0% e 41,8%, respectivamente. Como estes modelos apresentavam estruturas bastante esbeltas no dimensionamento sem consideração do fator vento, devido à redução nas cargas permanentes, ao se adicionar o fator vento, foi necessário aumentar as seções de diversos pilares, de forma a aumentar a rigidez dos pilares.

Tabela 34 – Comparação Volume Concreto – Forma otimizada sem vento x forma única com vento

	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %
Concreto Lajes (m ³)	214,59	214,58	0%	287,93	287,85	0%	287,93	287,85	0%

Concreto Vigas (m ³)	157,83	164,53	4,2%	113,47	123,60	39,0%	100,63	107,38	6,7%
Concreto Pilares (m ³)	48,2	52,66	9,3%	45,68	56,63	24,0%	40,38	57,26	41,8%
Concreto Total (m ³)	449,62	460,77	2,5%	476,08	497,08	4,4%	457,94	481,49	5,1%
m ³ /m ²	0,179	0,183	2,5%	0,189	0,197	4,4%	0,182	0,191	5,1%

Fonte: O autor

Tabela 35 – Comparação Aço – Forma otimizada sem vento x forma única com vento

	MODELO 01			MODELO 02			MODELO 03		
	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %	SEM VENTO	COM VENTO	VARIAÇÃO %
Aço Lajes (kg)	12.919	14.687	13,7%	18.577	20.628	11,0%	15.518	20.910	34,7%
Aço Vigas (Kg)	11.320	17.272	52,6%	7.528	10.464	39,0%	6.620	9.833	48,5%
Aço Pilares (kg)	10.763	13.287	23,5%	9.829	8.584	-12,7%	8.364	7.607	-9,1%
Aço Total	36.932	41.176	11,5%	37.873	41.615	10,0%	35.432	40.280	13,7%
kg/m ²	14,67	18,74	27,7%	15,04	16,52	9,8%	14,07	16,00	13,7%

Fonte: O autor

Entre as consequências geradas pelo aumento na seção dos pilares, podemos destacar a contribuição para uma menor armação dos mesmos.

Apesar de diminuir a quantidade de aço nos pilares nos modelos 02 e 03, todos os modelos apresentam aumento de 10,0% ou mais na quantidade total de aço, sendo as vigas os elementos com aumento mais significativo, girando na casa dos 52,6% no modelo 01, 39,0% no modelo 02 e 48,5% no modelo 03.

6. CONCLUSÕES

O tema das vedações verticais é bastante encontrado na literatura, principalmente quando se trata da tradicional alvenaria de blocos cerâmicos. Com o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, novos sistemas têm sido objetos de estudos. Porém, percebe-se que grande parte dos estudos estão voltados para as características construtivas de cada sistema e, por serem novidades no país, pouco se encontra sobre a influência de novos sistemas de vedações verticais no dimensionamento estrutural em concreto armado, tradicionalmente utilizado no país.

Com as diversas novidades que estão surgindo na construção civil e com a exigência cada vez maior que o setor demanda, o conhecimento sobre as diversas opções de vedações verticais e como elas interagem com os demais sistemas da edificação se tornam essenciais na formação dos profissionais da construção civil.

Os fabricantes têm sido os principais produtores de informações relativas aos novos sistemas de vedações, visto que esta é uma das principais formas de divulgar e informar o meio técnico sobre os novos produtos que, em grande parte, são importados de sistemas já tradicionais em outros países.

Quanto ao dimensionamento estrutural, a primeira conclusão que se tem é que as vedações verticais leves (*drywall e light steel frame*) resultam em uma grande redução nas ações verticais que incidem sobre as lajes. Se comparado à alvenaria com bloco cerâmico de 09 cm, o *drywall* reduz em 88,7% estas ações. Já o *light steel frame* pode reduzir 88% das ações verticais, se comparado à alvenaria com bloco cerâmico de 19. Se for levado em consideração apenas este aspecto, para os modelos propostos neste estudo, há uma redução de 10.967 kN somente na carga resultante das vedações verticais.

Porém é preciso estar atento, pois este é um número que pode levar a distorções de análise. Apesar de as reduções nas ações das vedações verticais chegarem até a 88% nos modelos mais leves (caso do modelo 03 do estudo), a redução nas cargas finais, geradas por edificações desta tipologia, segundo o estudo não passam de 32%. Isso se deve ao fato de que, quando são utilizadas vedações leves (*light steel frame e drywall*) elas representam apenas 6,4% das ações atuantes.

Apesar dos números finais serem bem menores que os números das análises iniciais, o estudo comprova que as ações dos sistemas de vedação vertical têm influencia significativa no

dimensionamento de estruturas em concreto armado. Esta afirmação se torna válida com os resultados do estudo comparativo de índices e quantitativos de materiais resultantes dos dimensionamentos realizados. O modelo 03, na situação de forma otimizada com vento, apresentou redução de 14,6% no total de aço, o que equivale a 6,9 toneladas neste caso. Esta redução só não foi maior, devido a uma má escolha no tipo de laje utilizado no projeto. Esse fato ressalta a importância da escolha dos sistemas construtivos para o dimensionamento estrutural.

Os resultados dos dimensionamentos realizados com a influência da ação do vento demonstram a importância de se fazer esta análise sempre que se realizar um cálculo estrutural. Todas as verificações apontaram para alterações nas seções de vigas/pilares e aumento considerável nos índices e quantitativos de materiais.

Enquanto o dimensionamento com os sistemas de vedações verticais mais leves (modelo 02 e 03), sem a influência da ação do vento, apontava para uma estrutura com pilares e vigas mais esbeltas, o parâmetro Gama Z se mostrou o mais elevado justamente nesses modelos. Para diminuir este parâmetro, evitando a utilização dos efeitos de segunda ordem, foi necessário aumentar as seções de praticamente todos os pilares e vigas, visando o aumento da rigidez destes elementos. Como consequência, uma das vantagens encontradas no dimensionamento com sistemas de vedações mais leves, a redução no quantitativo de materiais, foi reduzida.

De forma geral, pode-se concluir que os sistemas de vedação exercem grandes influências no dimensionamento de estrutura em concreto armado, mas que os resultados finais não são proporcionais à diferença de cargas exercidas pelos sistemas utilizados e que o vento é um fator de extrema importância nos resultados finais. O estudo não leva a uma conclusão de que um sistema construtivo é melhor que o outro ou de que um é certo e outro errado. Cabe ao engenheiro analisar todas as variáveis para decidir qual o sistema mais adequado ao projeto.

Como sugestão para futuros estudos, fica a possibilidade de se fazer uma análise dos processos construtivos de cada tipo de vedação, juntamente com uma relação do custo de mão de obra / materiais, que podem vir a ser uma ferramenta importante na gestão de projetos de edificações e durante as escolhas dos sistemas a ser utilizado em obra pelo engenheiro responsável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formadas a frios. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 15217**: Perfis de aço para sistema de gesso acartonado – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15270-1**: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15758-1**: Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – projeto e procedimentos executivos para montagem – parte 01 – requisitos para sistemas usados como paredes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 6118**: Projetos de estrutura de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BARROS, Mércia Maria Bottura de. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: **SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS**, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, 1998.

CARDOSO, Daniel Luis Antonio. **Vedações verticais e suas interfaces no sistema construtivo de edificações**. 2007. 149f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO; J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2014. 4ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

CYPECAD. Versão 2016. [S.I.]: CYPE Software para Engenharia e Construção, 2016.

FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. de. **Steel Framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 121p. (Série Manual da Construção em Aço)

HOLANDA, Erika Paiva Tenório de. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais**: diretrizes para o treinamento de mão-de-obra. 2003. 159f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARTINS, Marcelo G.; BARROS, Mércia M. S. B. A formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**, III, 2003, São Carlos, Anais... São Carlos: Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2003.

NAKAMURA, Juliana. Inovação Construtiva: Desempenho, durabilidade, capacitação de mão de obra e assistência técnica. **Téchne**: a revista do engenheiro civil. São Paulo, Outubro de 2014, Edição 211. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/211/artigo327637-1.aspx>>. Acesso em: 23 de abril 2016, 13:21.

NASCIMENTO, L. A. do; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.

OLIVEIRA, Dayana. **Estudo comparativo de alternativas para vedações internas de edificações**. 2013. 91f. Monografia (TCC) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PENÃ, Monserrat Dueñas. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. 2003. 173f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PEREIRA JUNIOR, Cleber José. **Edifícios de pequeno porte contraventados com perfis de chapa fina de aço**. 141f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PINTO, Tarcísio de Paula. De volta à questão do desperdício. **Revista Construção**. São Paulo, n. 271, p. 34-35, dez. 1995.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing**: Engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 127p. (Série Manual da Construção em Aço).

RODRIGUES, Mariuza. Números do desperdício. **Téchne**: a revista do engenheiro civil. São Paulo, Maio de 2014, Edição 204. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/53/artigo285202-1.aspx>>. Acesso em: 15 de abril 2016, 23:21.

SABBATINI, F.H.; BARRROS, M.M.S.B.; MACIEL, L.L. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo: EPUSP-PCC, 1998.

SABBATINI, Fernando Henrique. A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial?. In: **SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS**, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, 1998.

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. Sistema Light Steel Framing como fechamento externo vertical industrializado. In: **CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA**, 2008, São Paulo, Anais... São Paulo: ABCEM,2008.

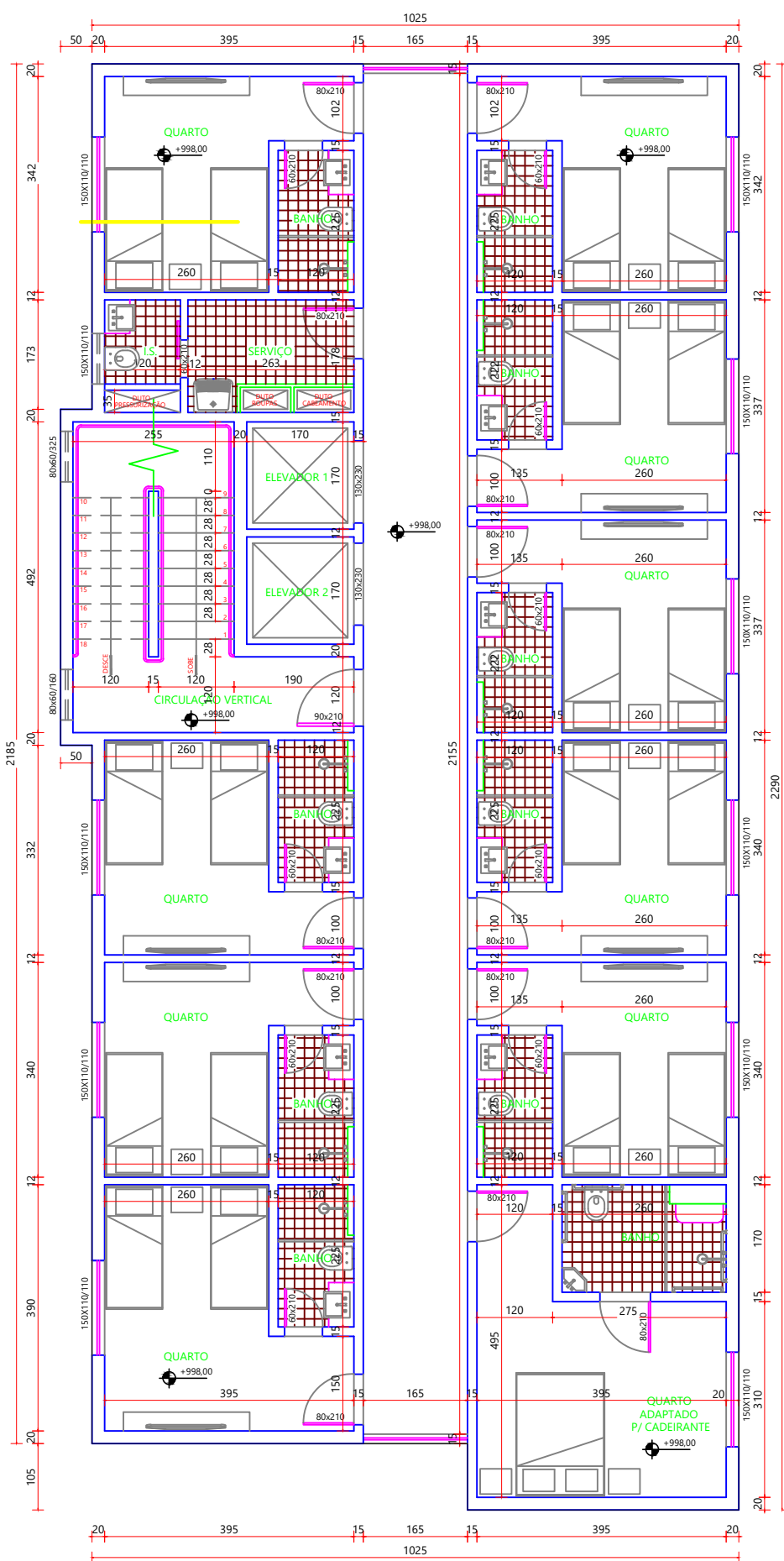
SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O uso do sistema *light steel framing* associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SAYEGH, Simone. Blocos em carreira. **Téchne**: a revista do engenheiro civil. São Paulo, Julho de 2002, Edição 64. Disponível em: <<http://http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/64/artigo285227-1.aspx>>. Acesso em: 02 abril 2016, 15:50.

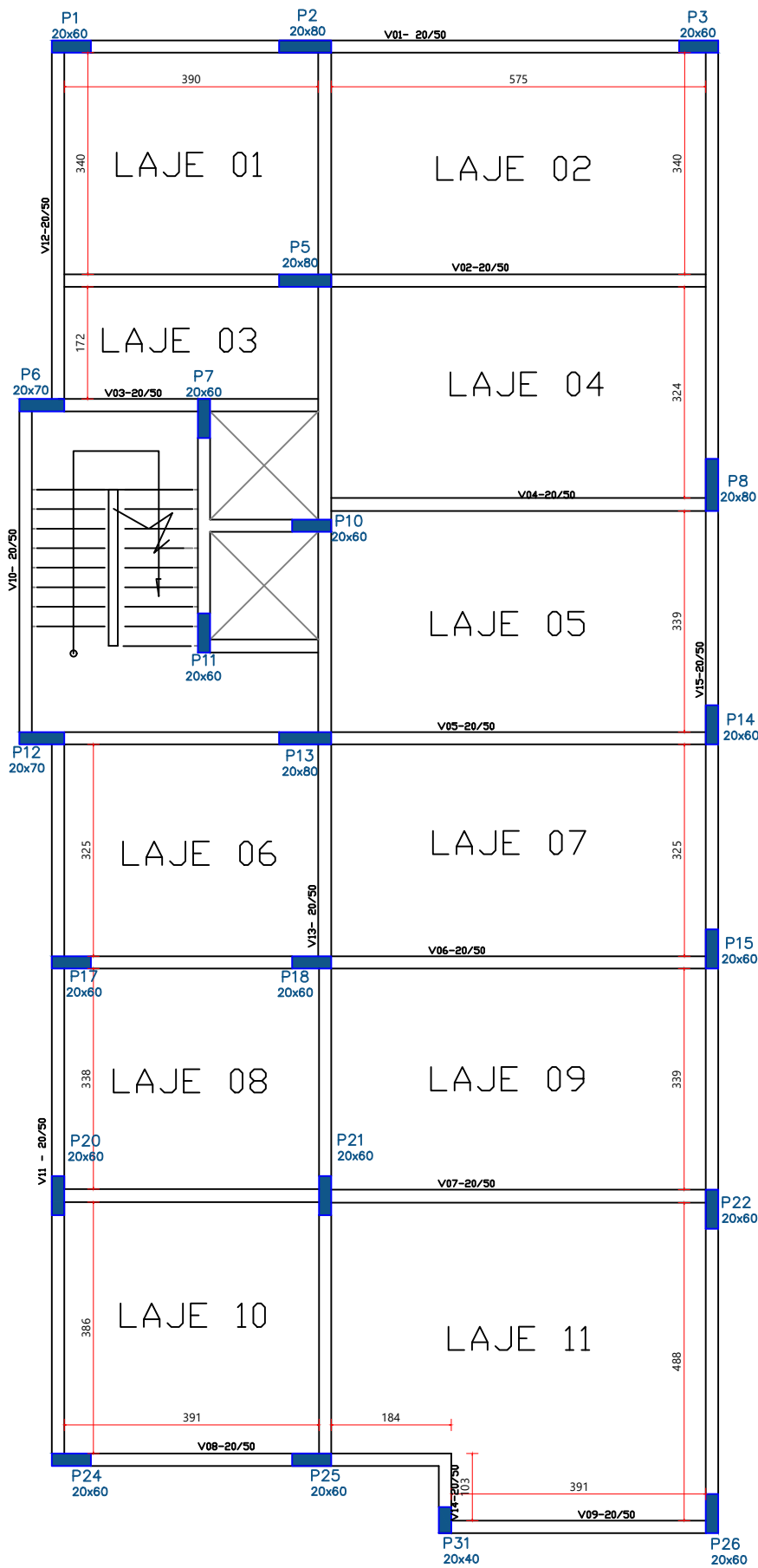
TANIGUTI, Eliana K.; **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado**. 1999. 293p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

THOMAZ, Ercio et al. **Código de práticas nº 1: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo, 2009.

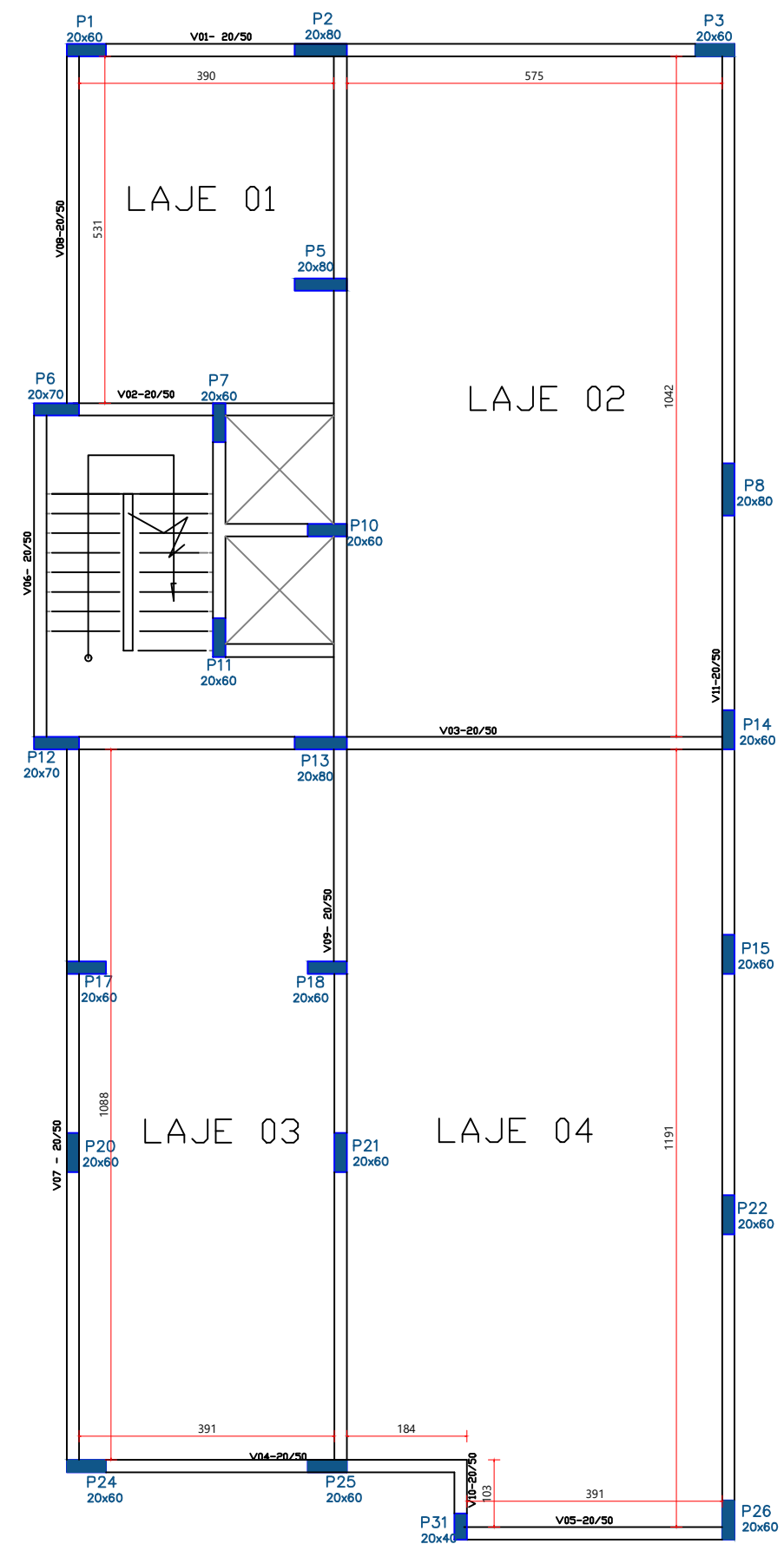
VARGAS, Carlos Luciano Sant'Ana et al. Avaliação de perdas em obras: aplicação de metodologia expedita. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, XVII, Gramado. Anais... Gramado: ENEGEP, 1997.



PLANTA TIPO (3º AO 10º PAVIMENTOS)
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



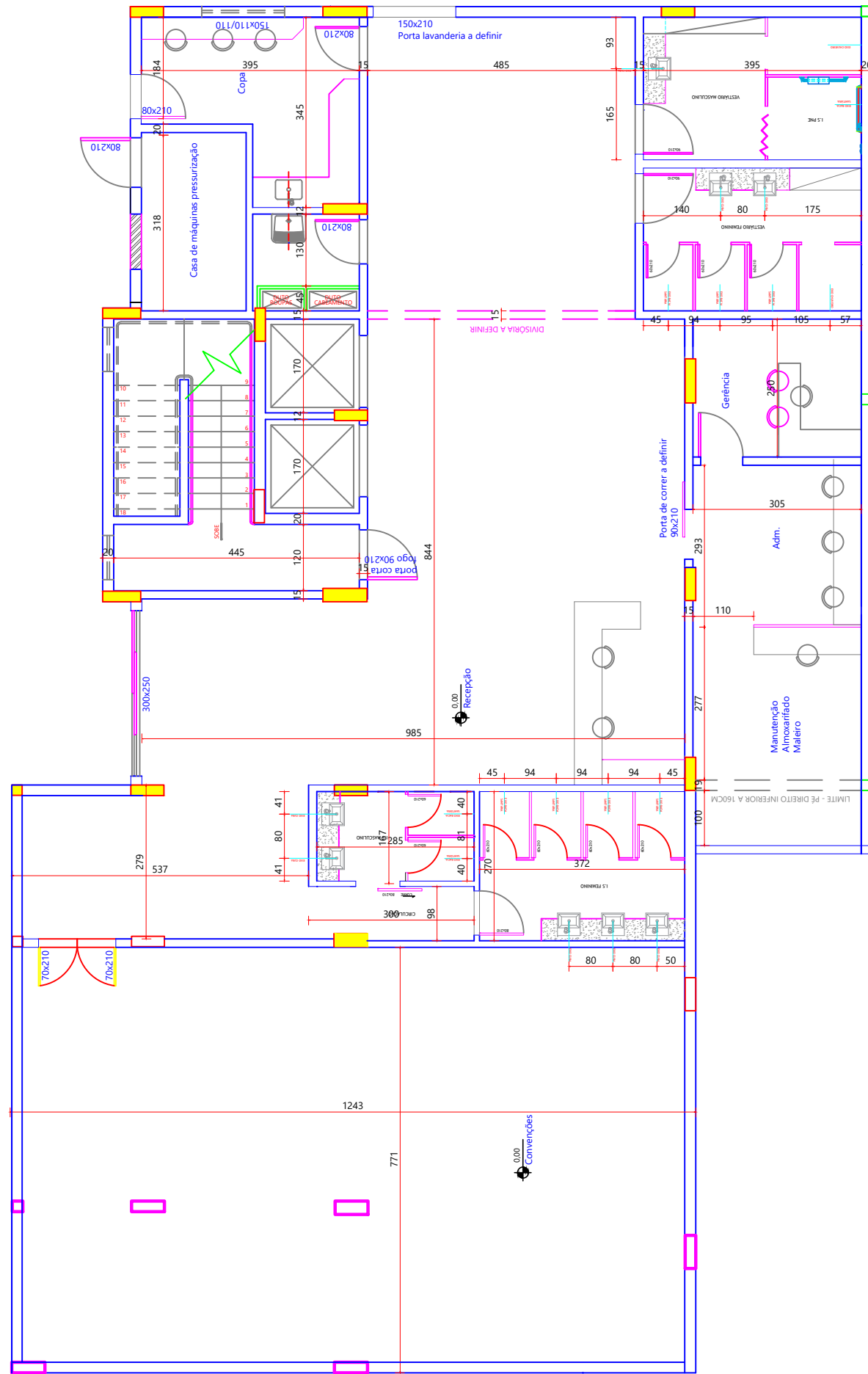
PLANTA FORMA - TIPO
VEDAÇÕES INTERNAS EM ABC 09
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



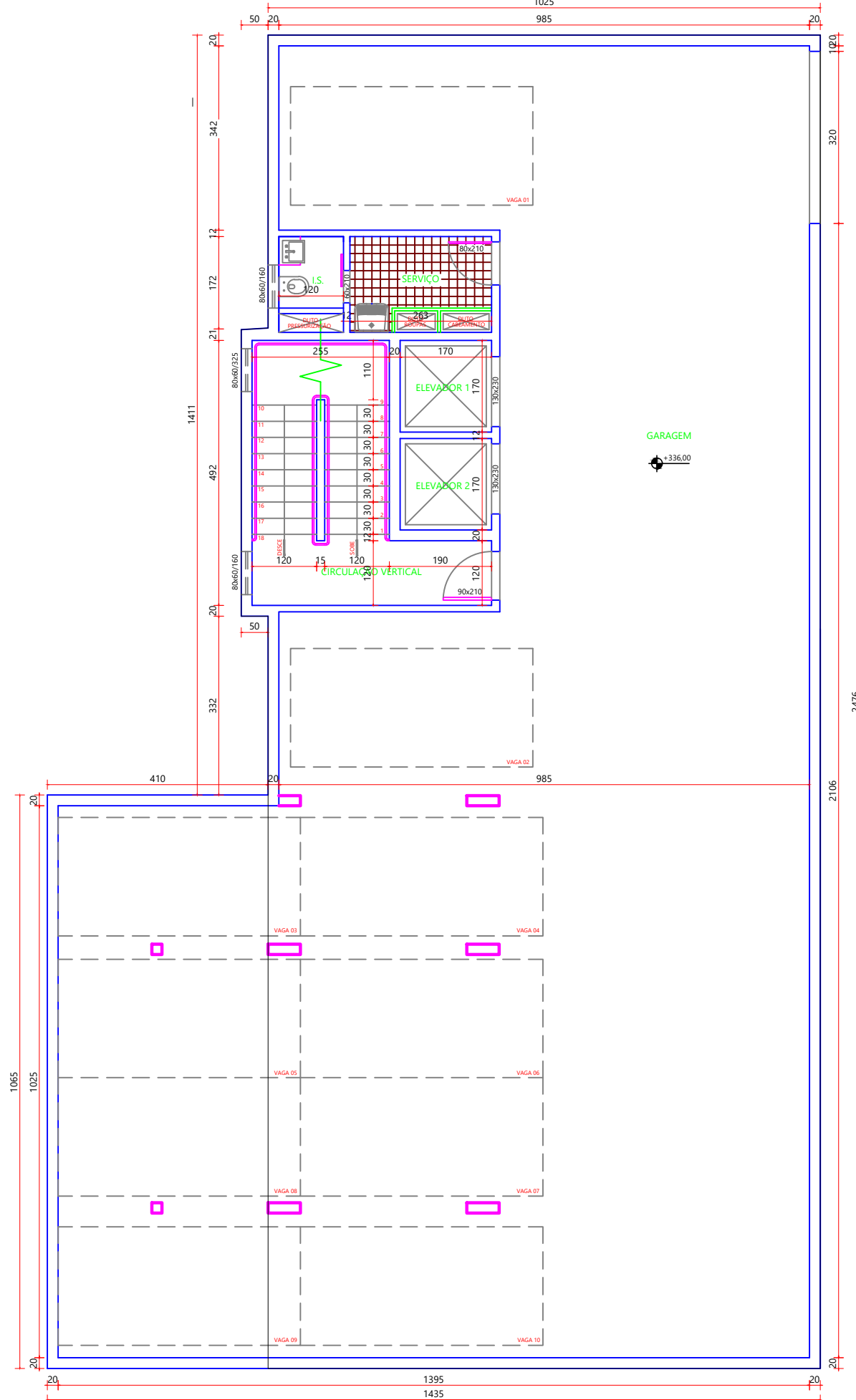
PLANTA FORMA - TIPO
VEDAÇÕES INTERNAS EM DRYWALL
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE A

ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATA SCHMIDT
CONTEÚDO:	PAVIMENTO TIPO: PLANTA TIPO, PLANTAS DE FORMA PARA DRYWALL E ABC
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	01/12



PLANTA ARQUITETÔNICA TÉRREO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

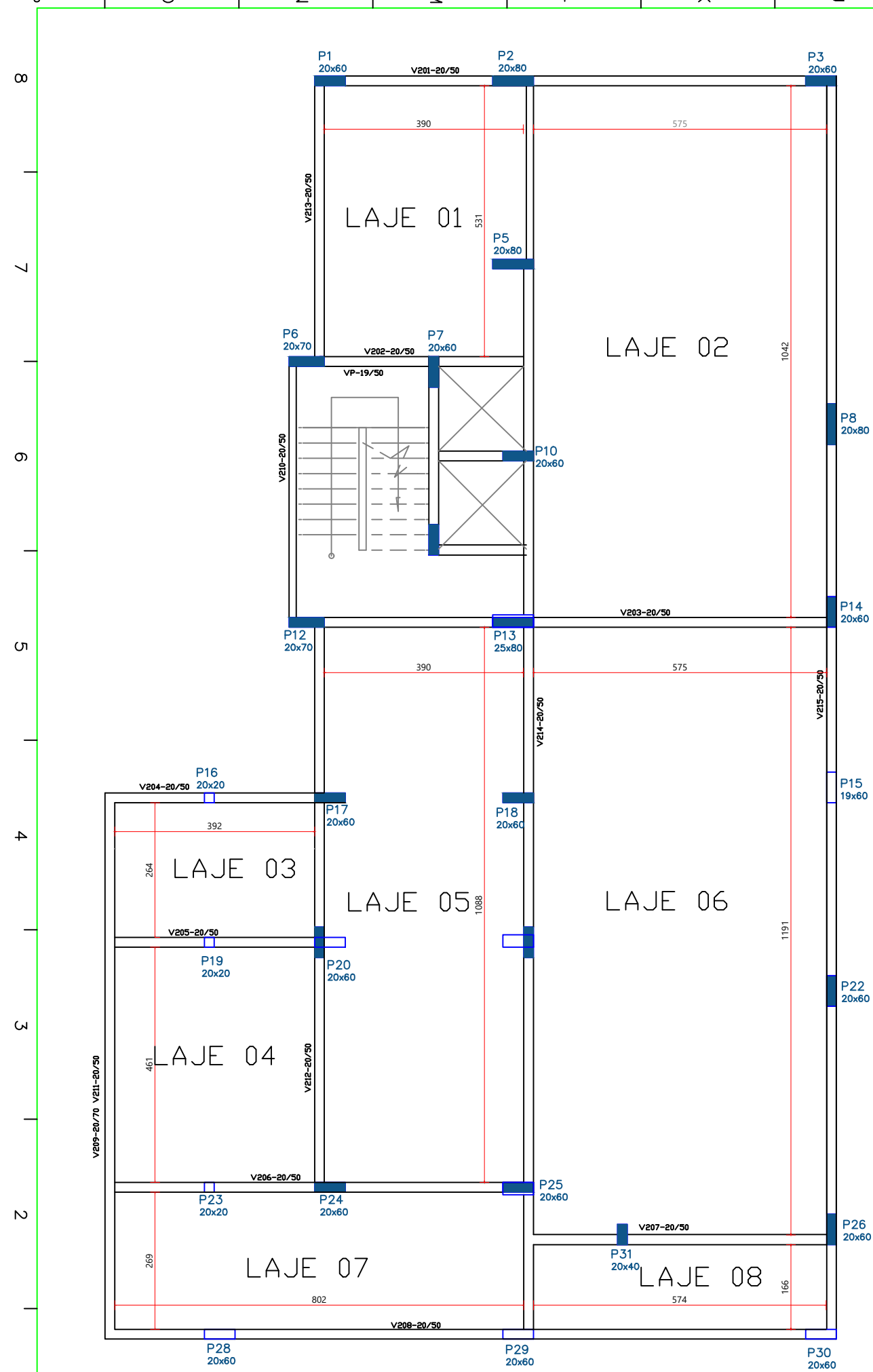


PLANTA ARQUITETÔNICA - 1º PAVIMENTO - GARAGEM
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

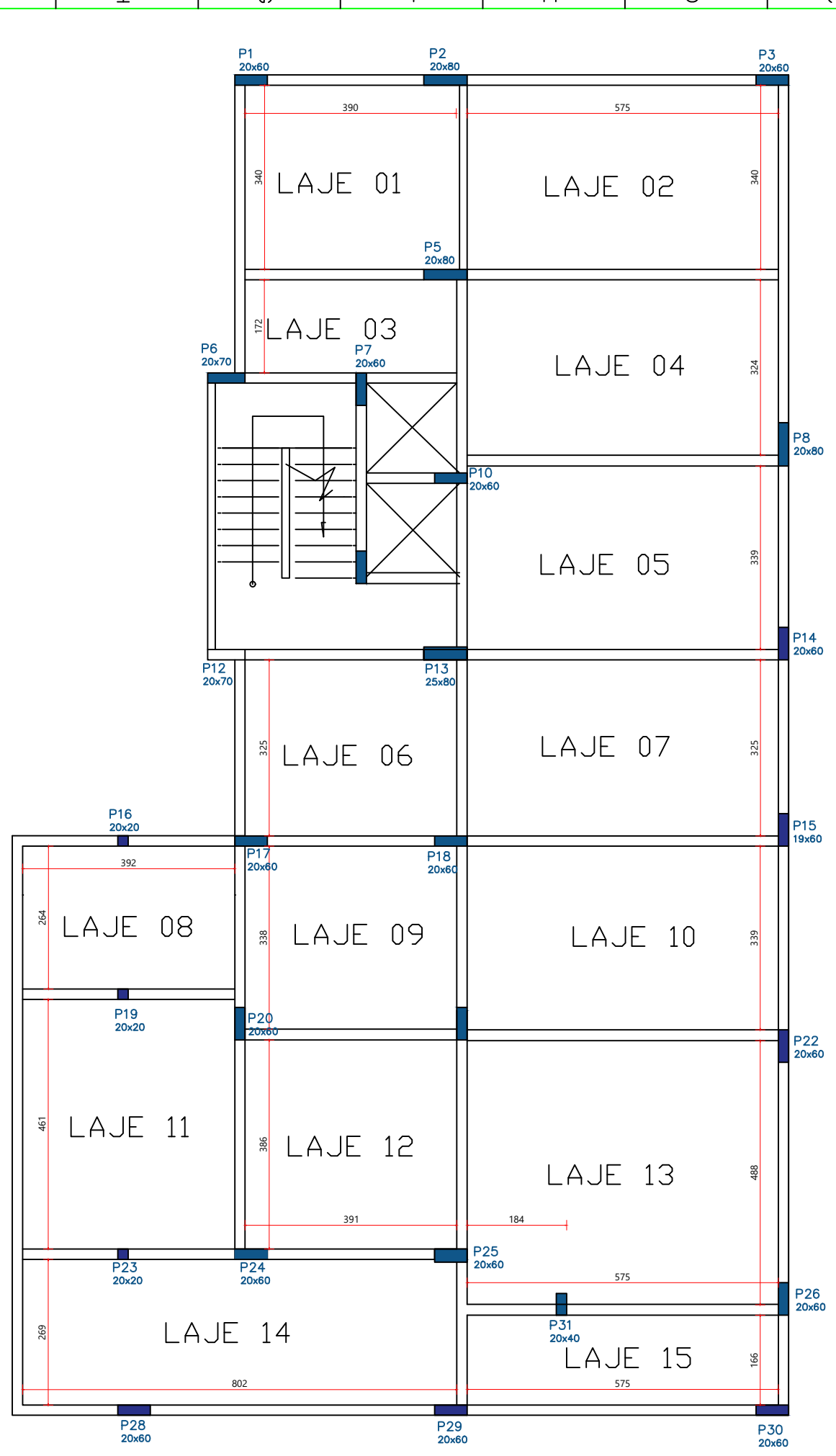
APÊNDICE B

ORIENTADOR: ANTONIO DE FARIA
 DISCENTE: LUIZ OTÁVIO ANDREATTA SCHMIDT
 CONTEÚDO: PLANTA ARQUITETÔNICA TÉRREO E 1º PAVIMENTO

PROJ. Nº: 01/01 PRANCHA: 02/12

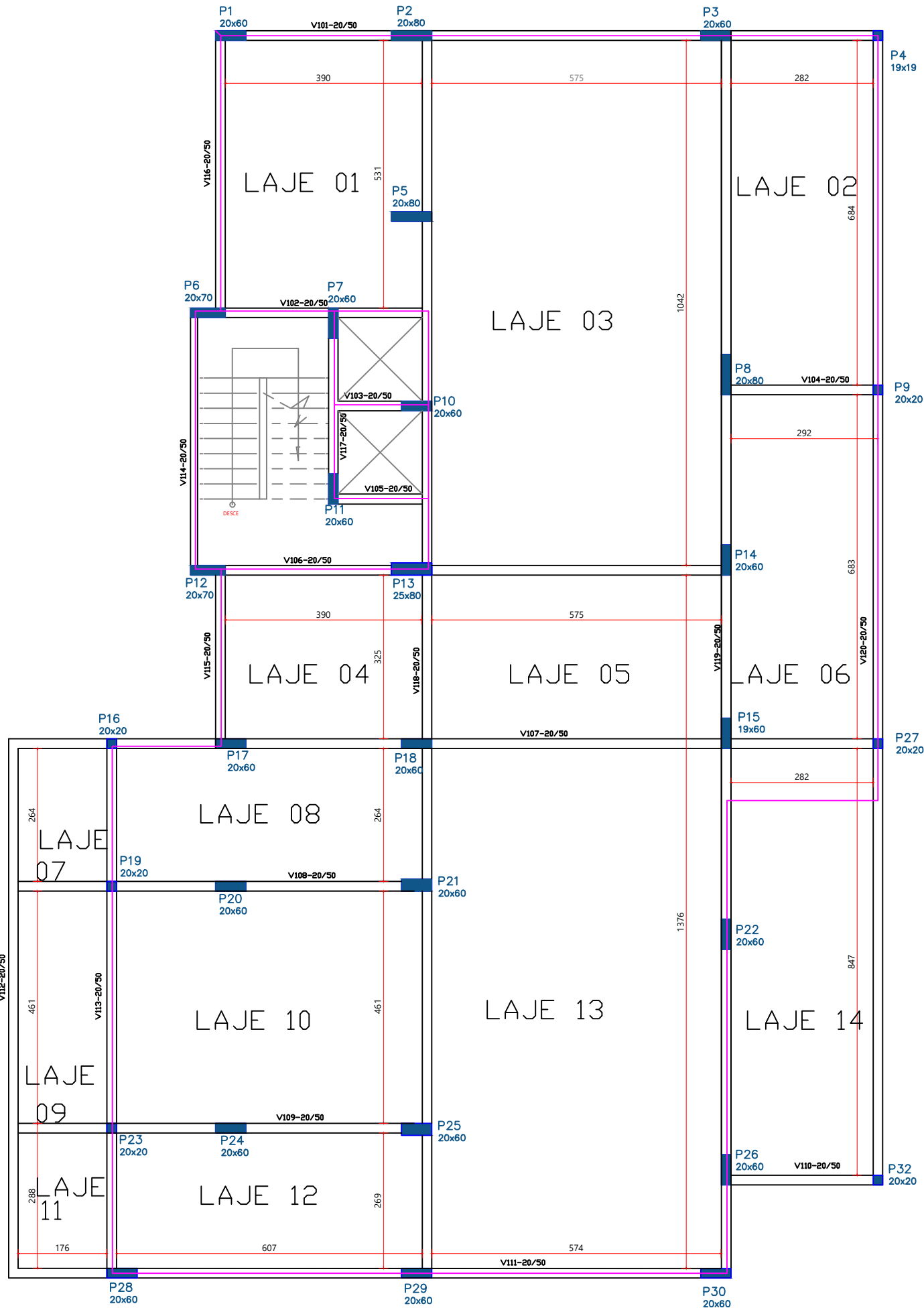


PLANTA FORMA - 2º PAVIMENTO - VEDAÇÕES INTERNAS EM DRYWALL
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

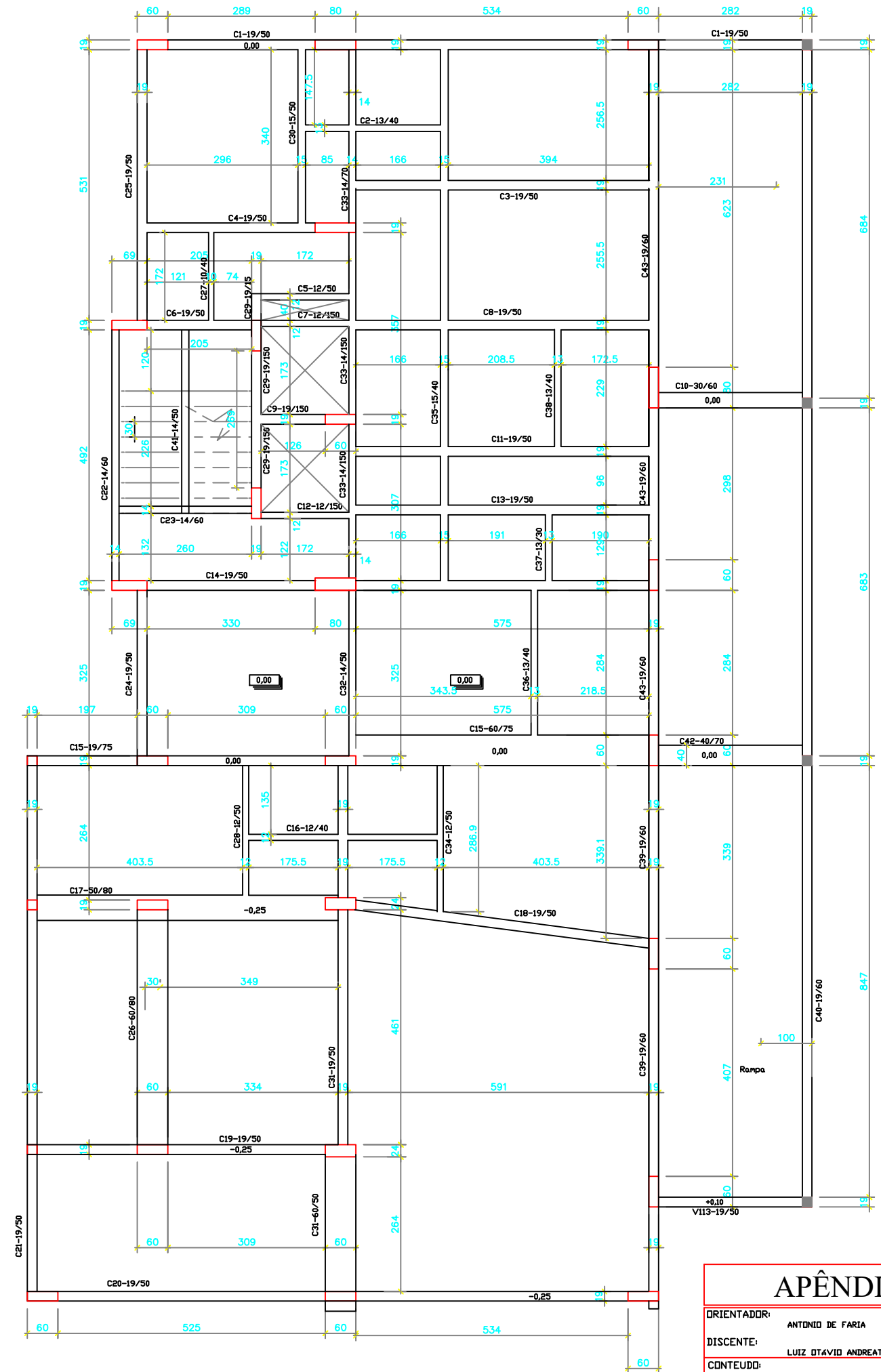


PLANTA FORMA - 2º PAVIMENTO - VEDAÇÕES INTERNAS EM ABC 19
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE C	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREAZZA SCHMIDT
CONTEUDO:	PLANTAS DE FORMA - 2º PAVIMENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	03/12



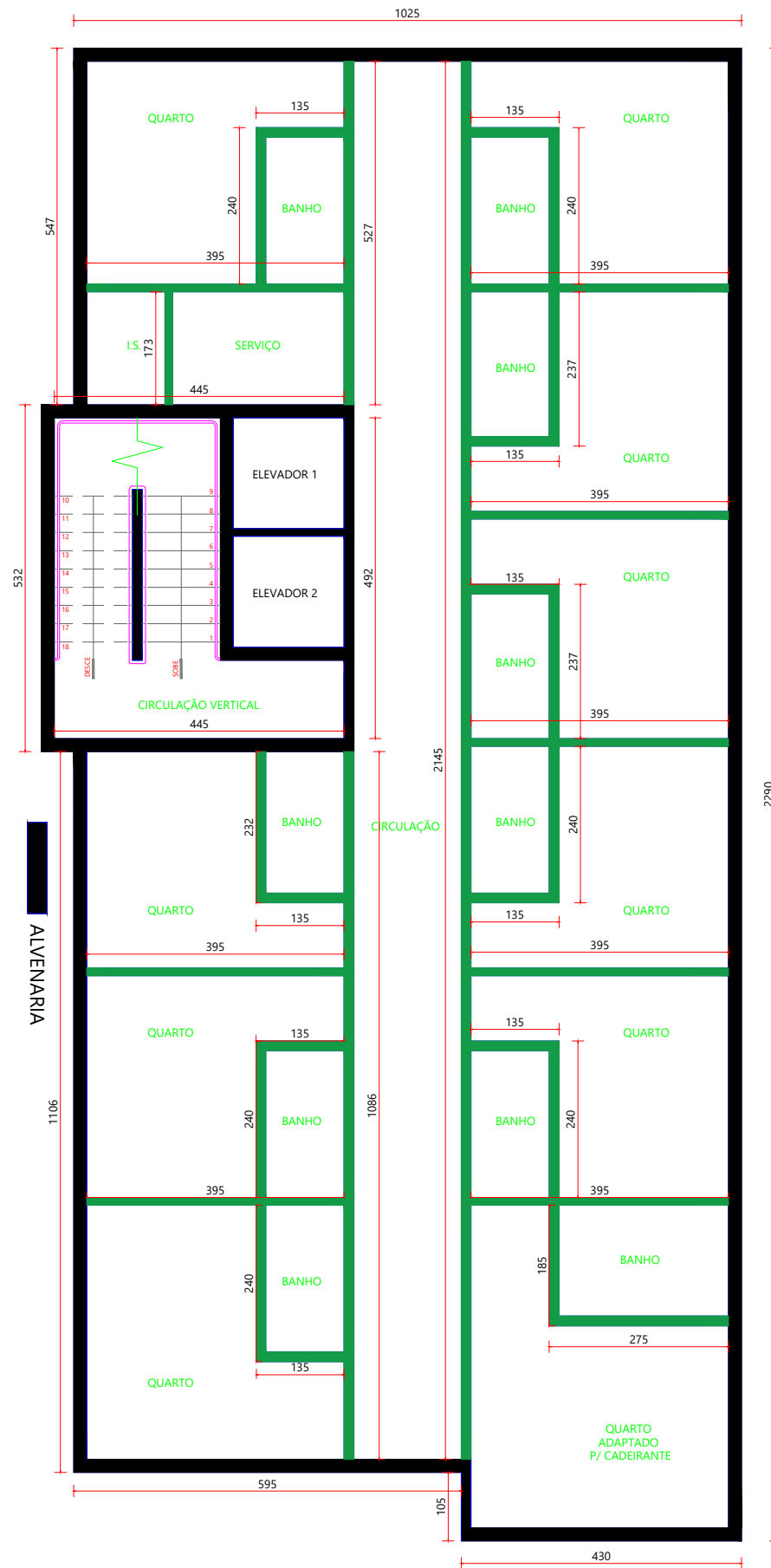
PLANTA FORMA - 1º PAVIMENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



PLANTA FORMA - CINTAMENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE D

ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDRETTA SCHMIDT
CONTEUDO:	PLANTA DE FORMA 1º PAVIMENTO E CINTAMENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	04/12

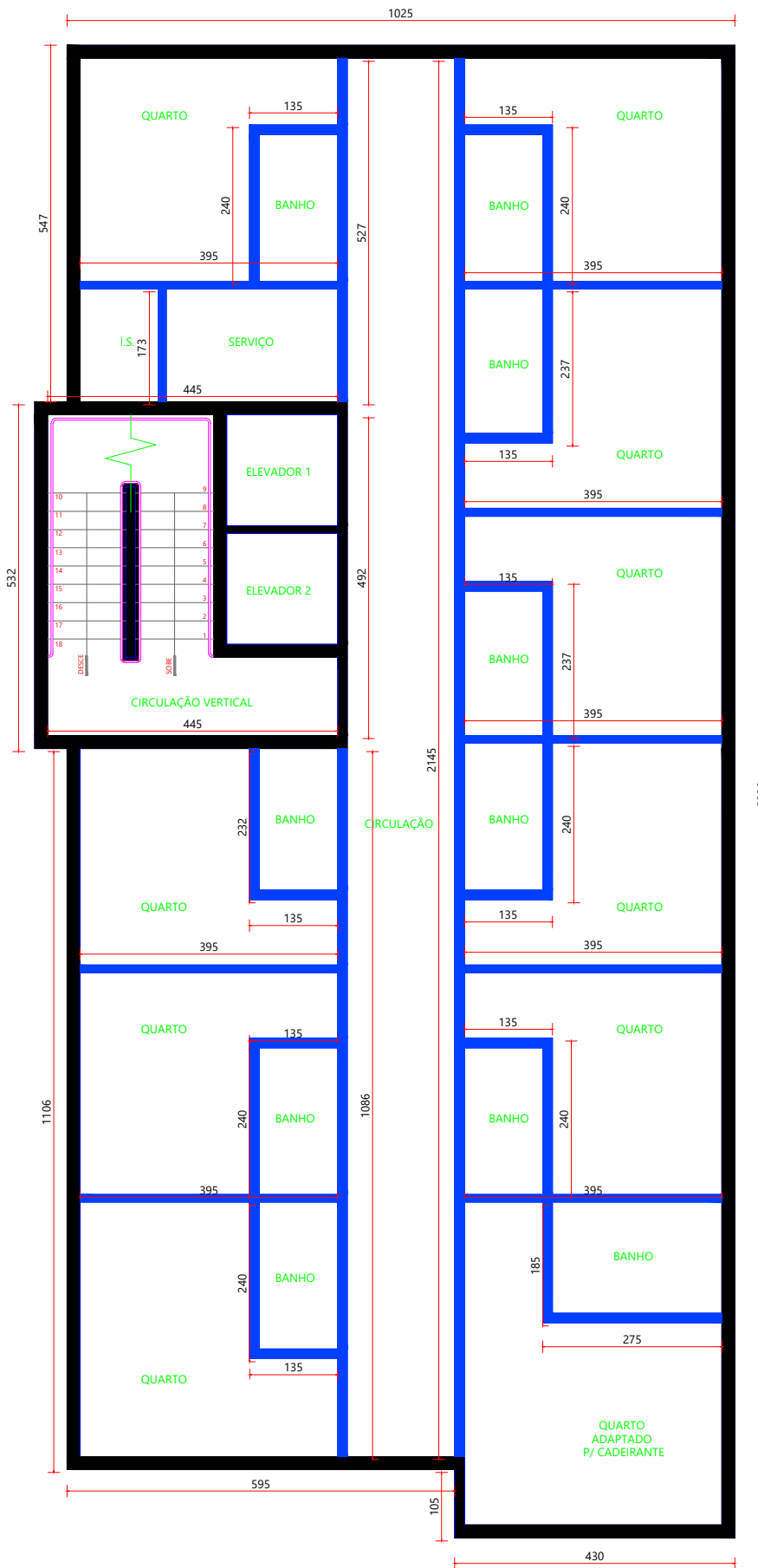


MODELO 01 - PAVIMENTO TIPO

ESC. 1:100
COTAS EM CENTIMETROS



ALVENARIA
DRYWALL

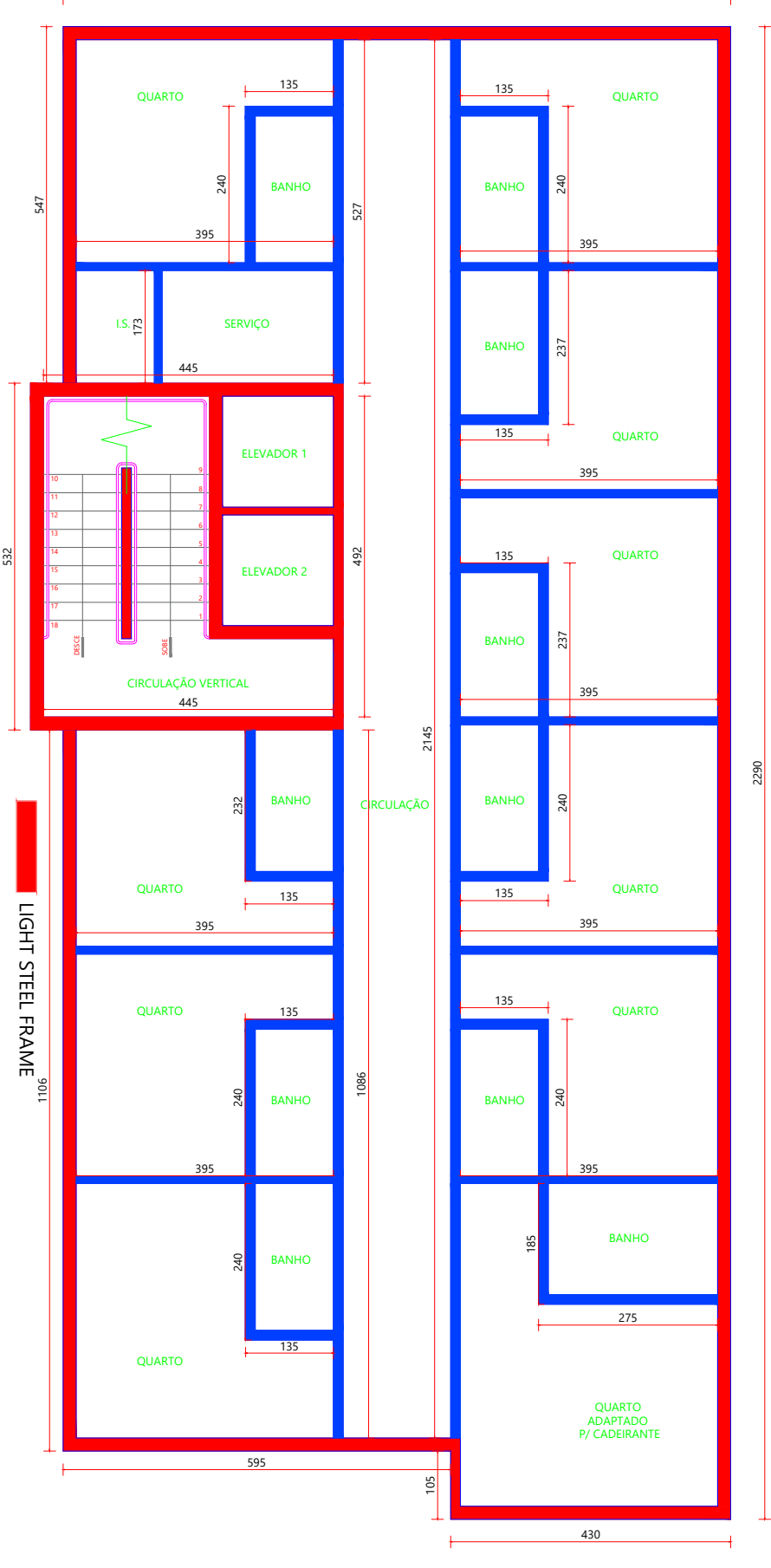


MODELO 02 - PAVIMENTO TIPO

ESC. 1:100
COTAS EM CENTIMETROS



DRYWALL
ALVENARIA



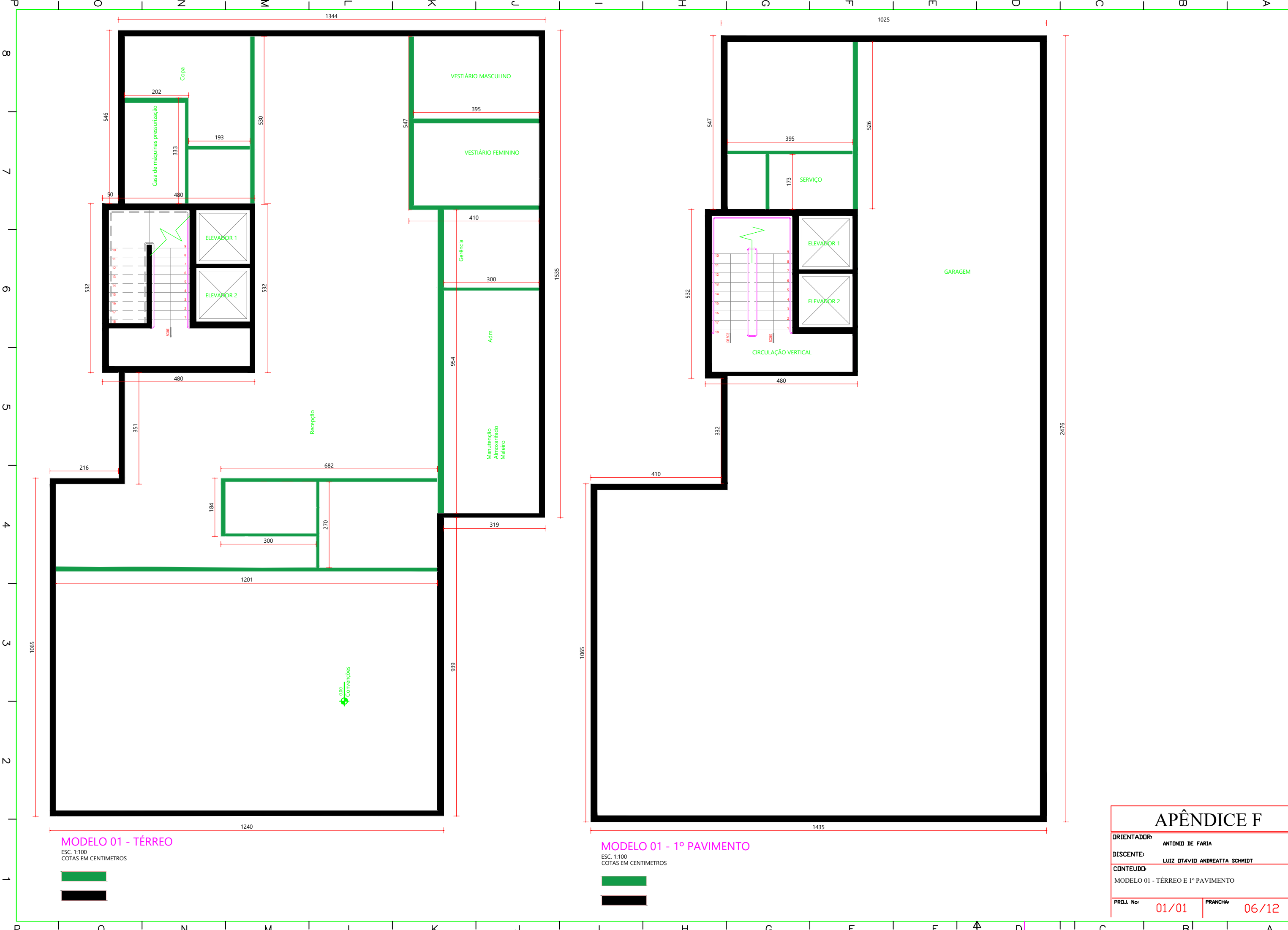
MODELO 03 - PAVIMENTO TIPO

ESC. 1:100
COTAS EM CENTIMETROS



ALVENARIA
LIGHT STEEL FRAME

APÊNDICE E	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDRETTA SCHMIDT
CONTEUDO:	PAVIMENTO TIPO: MODELOS 01, 02 E 03
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	05/12



MODELO 01 - TÉRREO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



MODELO 01 - 1º PAVIMENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



APÊNDICE F	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATTA SCHMIDT
CONTEUDO:	MODELO 01 - TÉRREO E 1º PAVIMENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	06/12



MODELO 02 - TÉRREO

ESC. 1:100
COTAS EM CENTIMETROS

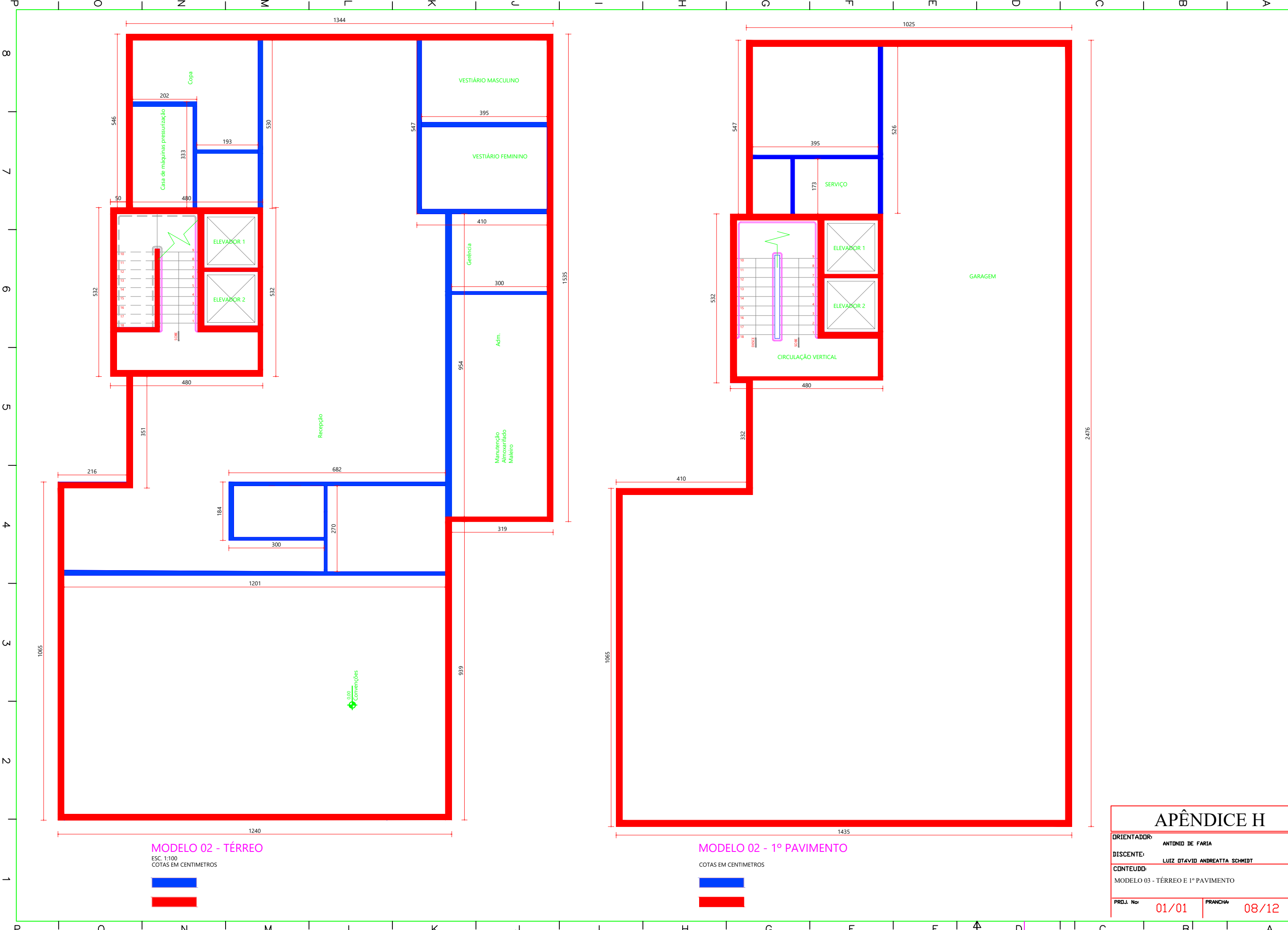


MODELO 02 - 1º PAVIMENTO

COTAS EM CENTIMETROS



APÊNDICE G	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATTA SCHMIDT
CONTEUDO:	MODELO 02 - TÉRREO E 1º PAVIMENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	07/12



MODELO 02 - TÉRREO

ESC. 1:100
COTAS EM CENTIMETROS



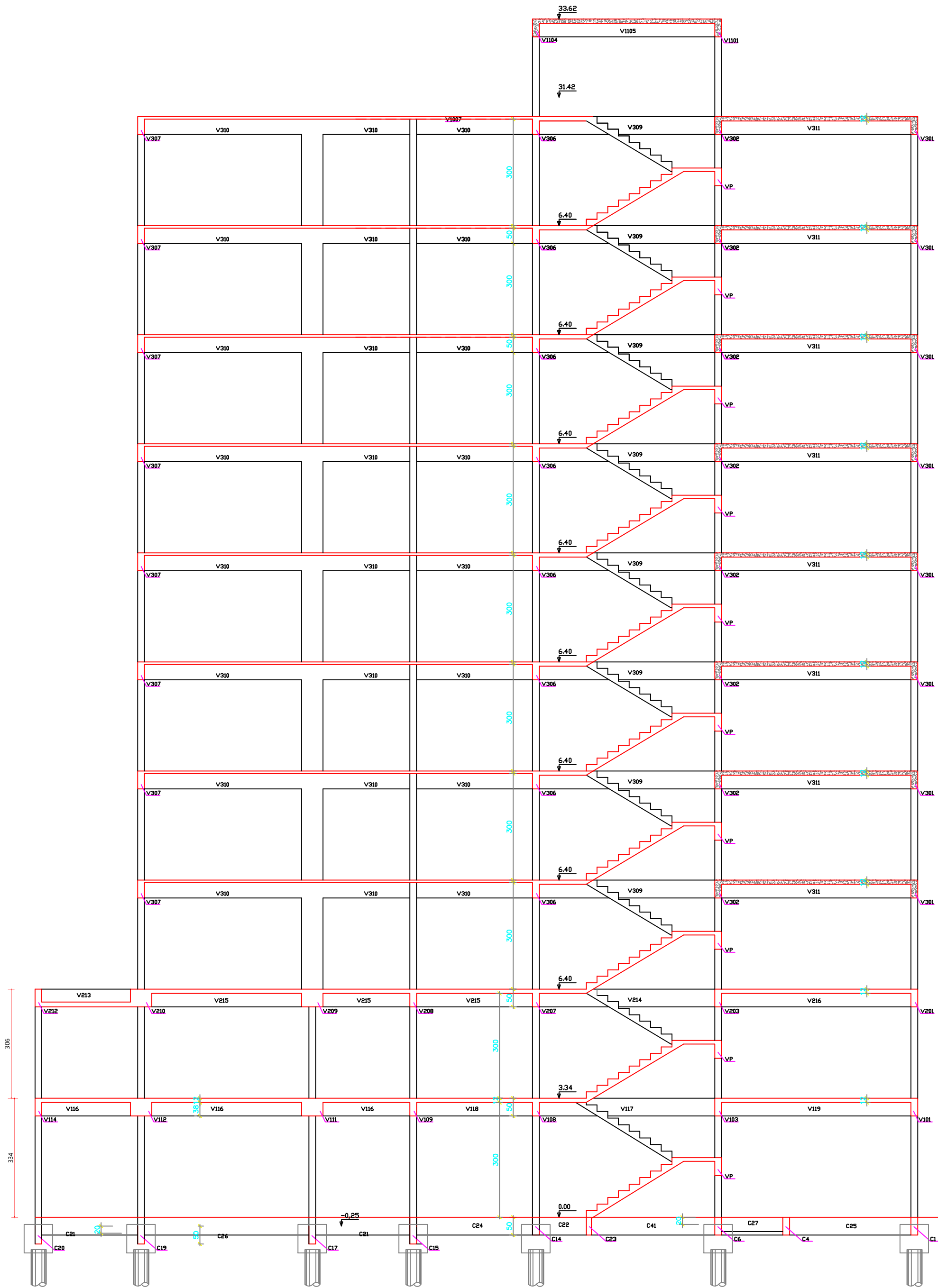
MODELO 02 - 1º PAVIMENTO

COTAS EM CENTIMETROS



APÊNDICE H

ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATTA SCHMIDT
CONTEUDO:	MODELO 03 - TÉRREO E 1º PAVIMENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	08/12

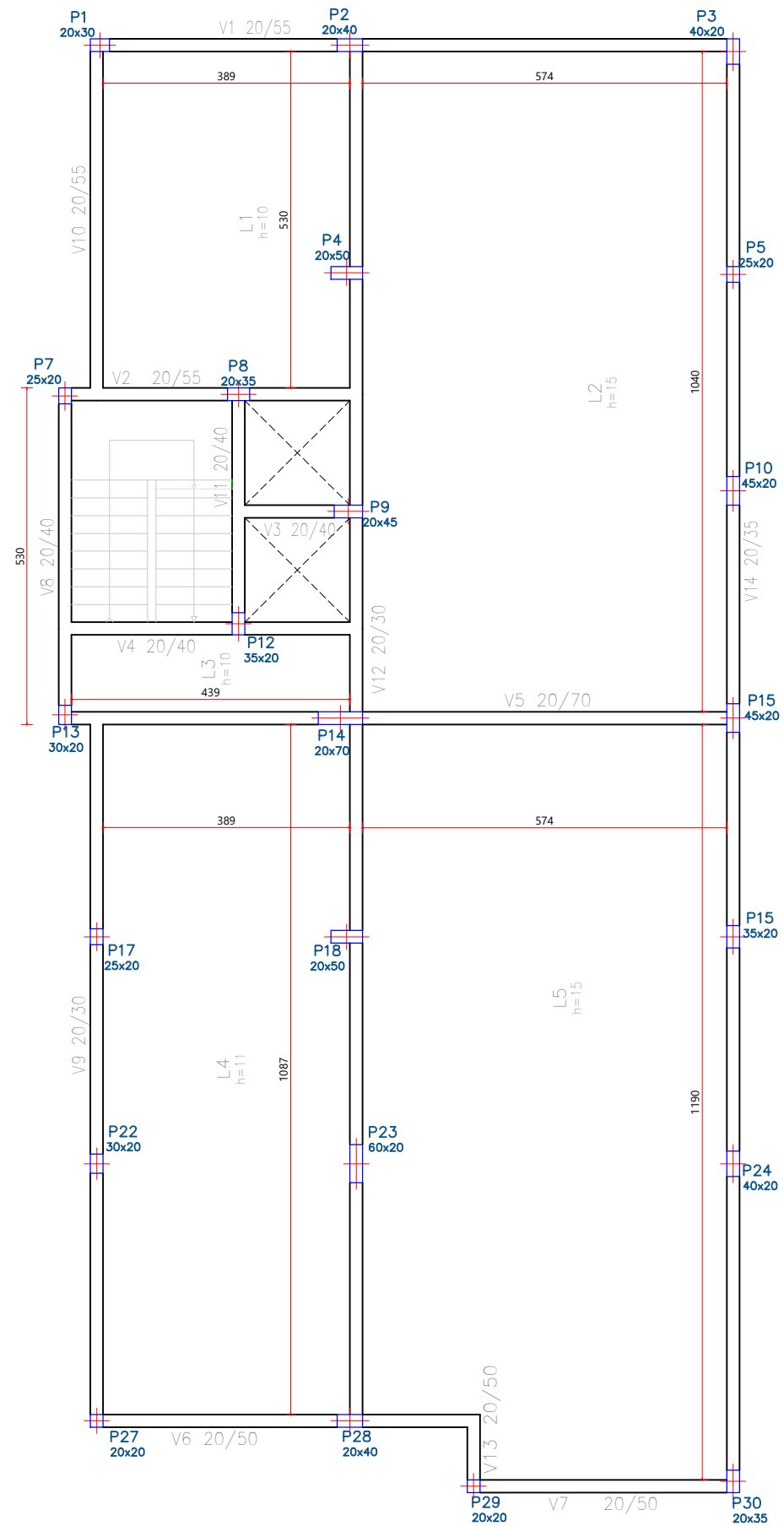


CORTE EDIFICAÇÃO

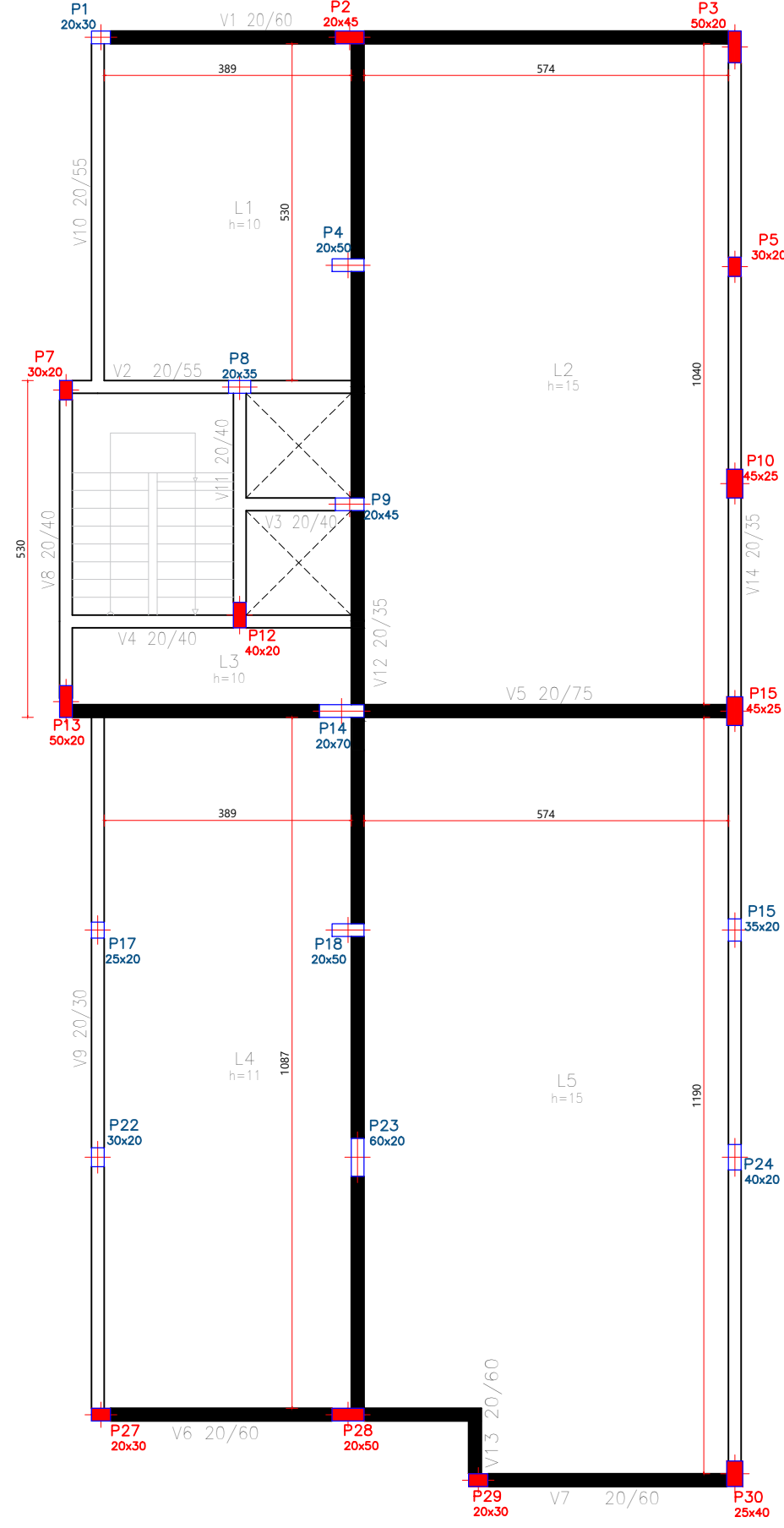
COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE I

ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA	
DISCENTE:	LUIZ OTÁVIO ANDREATTA SCHMIDT	
CONTEUDO:	CORTE DA EDIFICAÇÃO	
PROJ. Nº:	01/01	PRANCH. Nº: 09/12



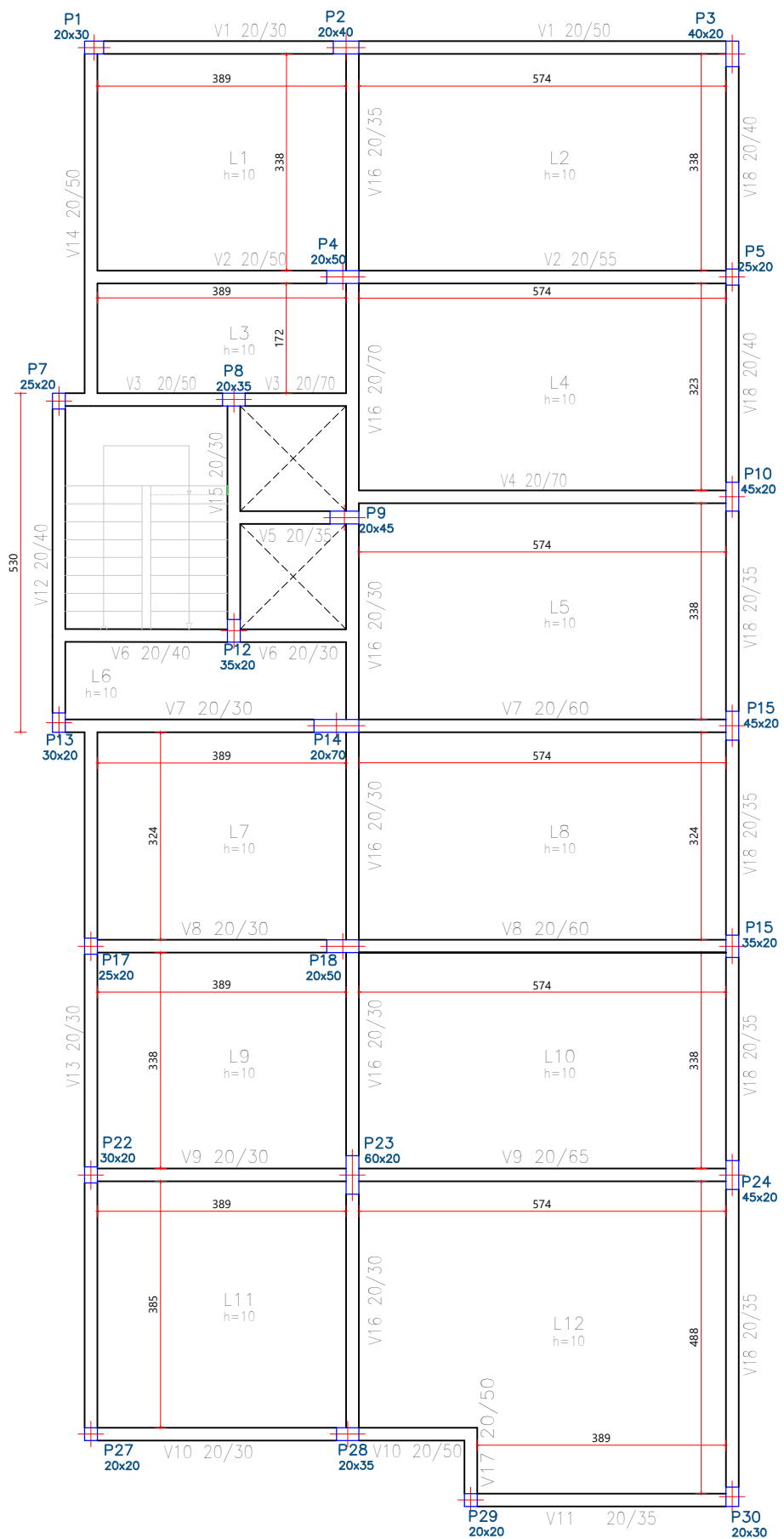
FORMA UNICA - MODELO 01
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - SEM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



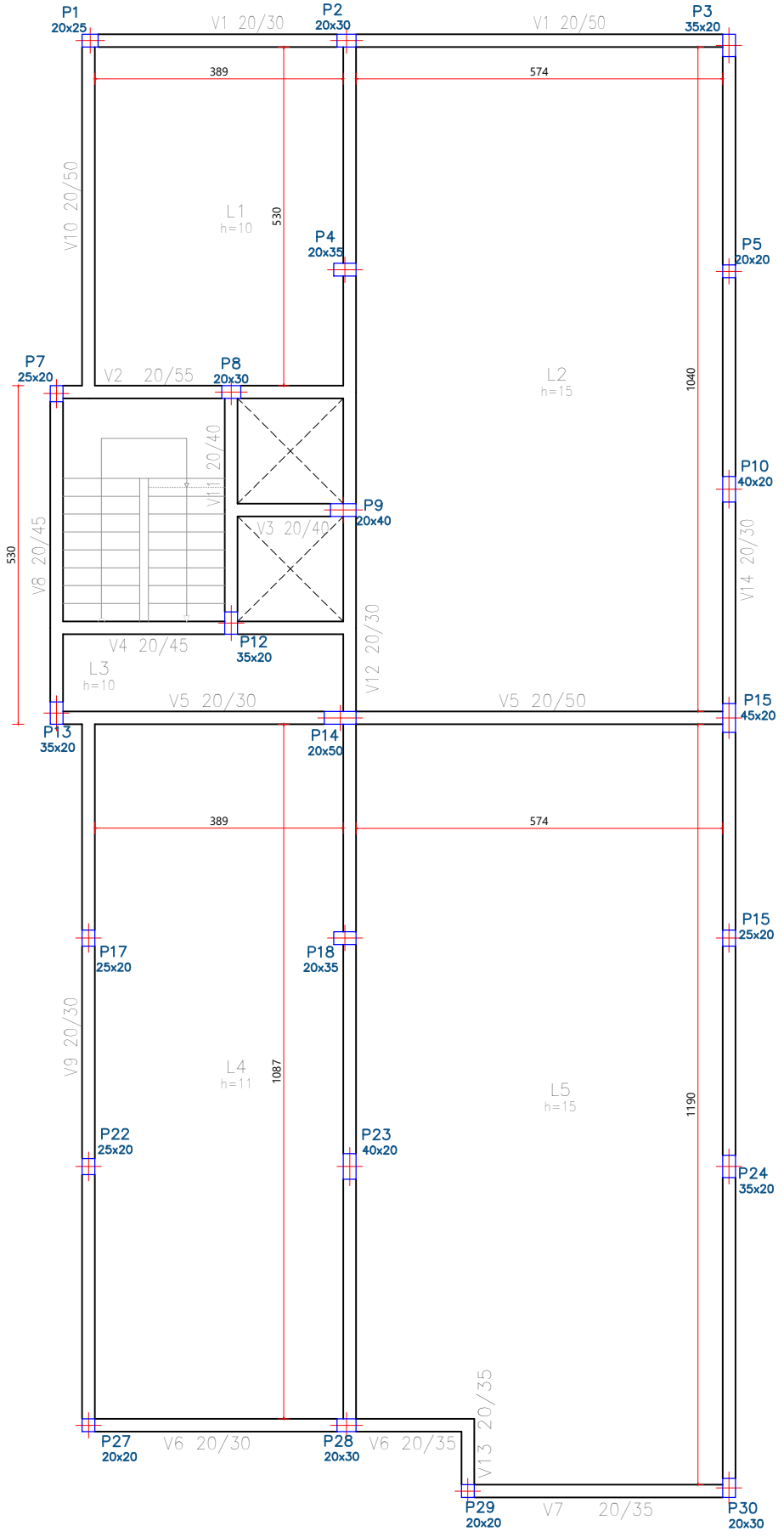
FORMA UNICA - MODELO 01
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - COM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE J

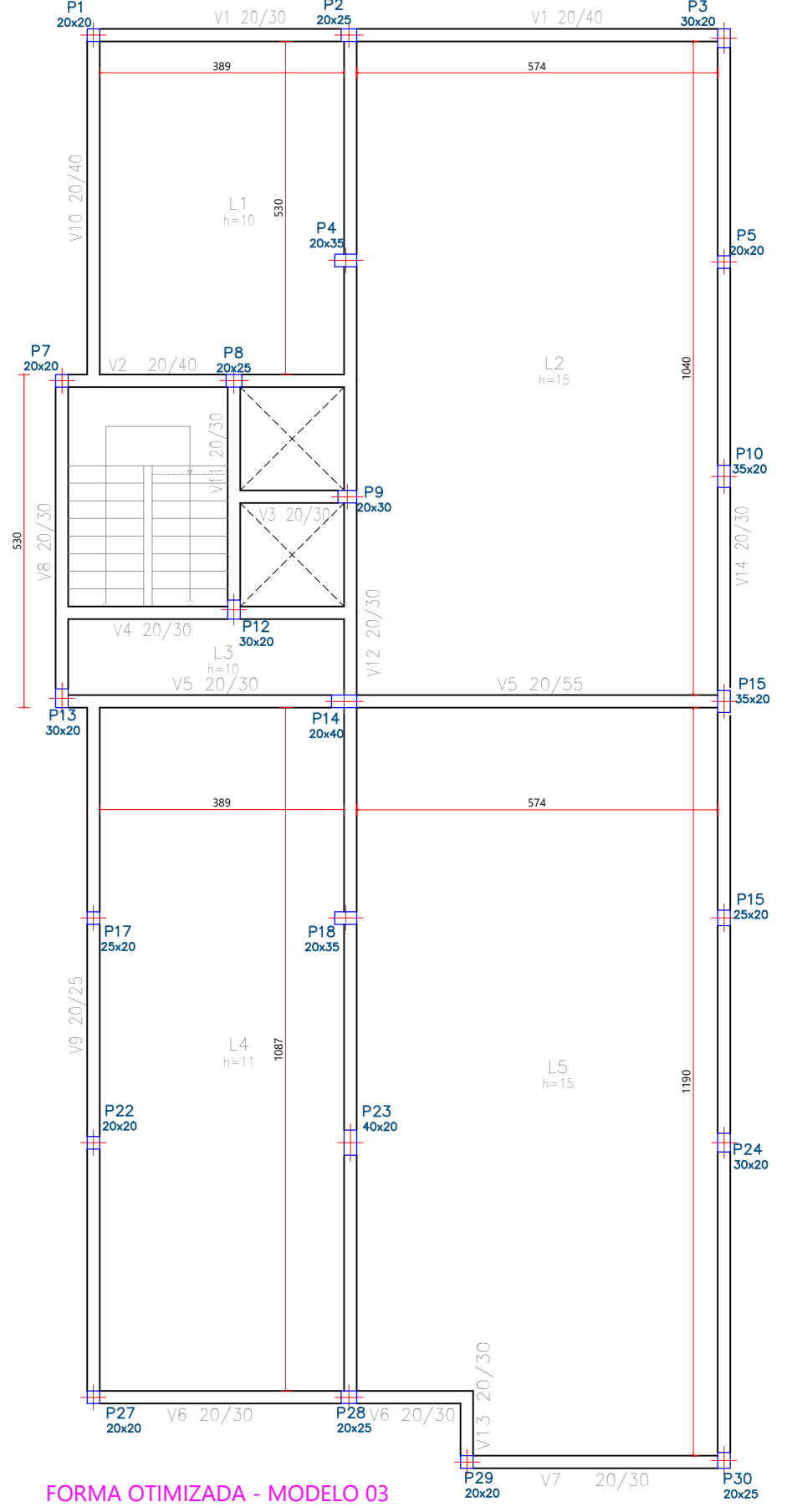
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATTA SCHMIDT
CONTEUDO:	PLANTA FORMA TIPO - FORMA UNICA - 4 AO 7 PAVIMENTOS - COM VENTO E SEM VENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	10/12



FORMA OTIMIZADA - MODELO 01
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - SEM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

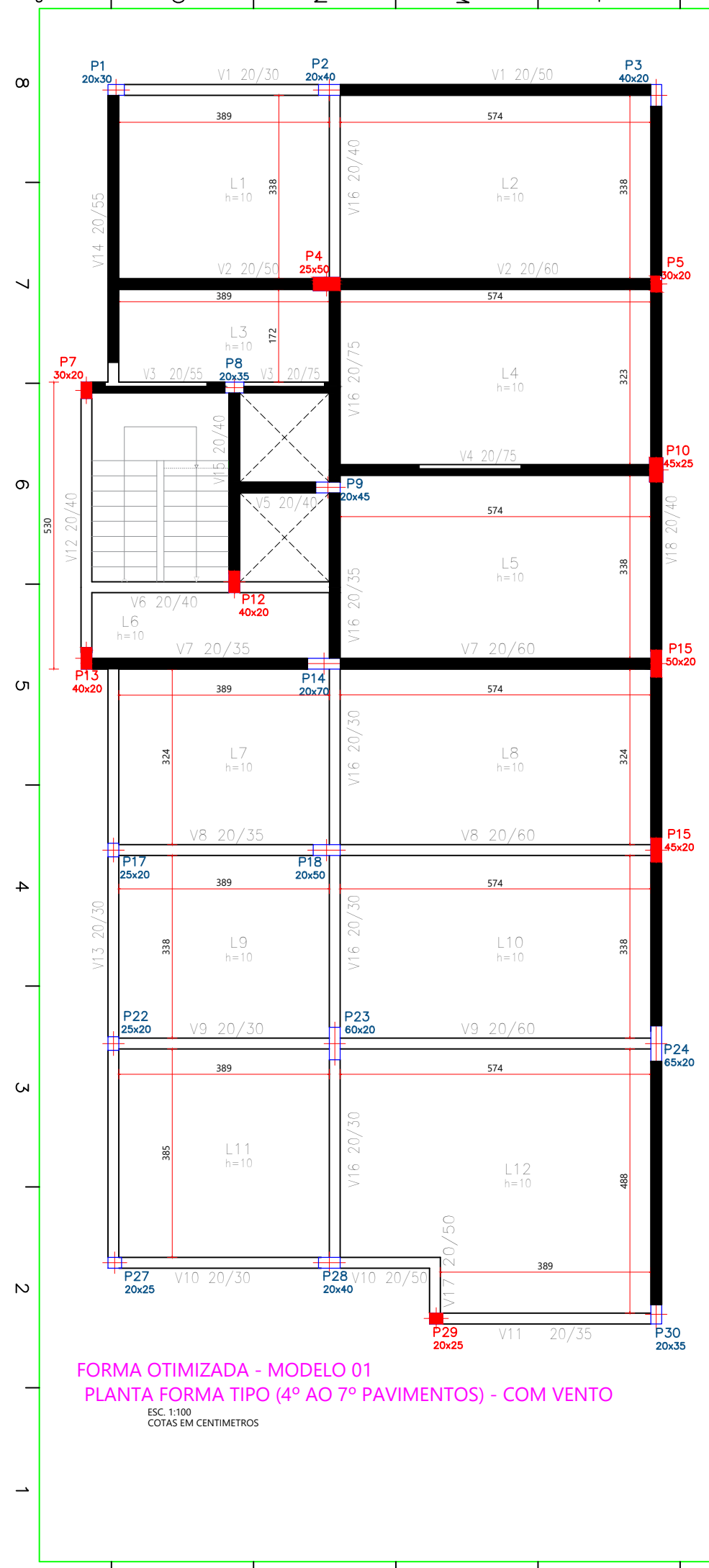


FORMA OTIMIZADA - MODELO 02
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - SEM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

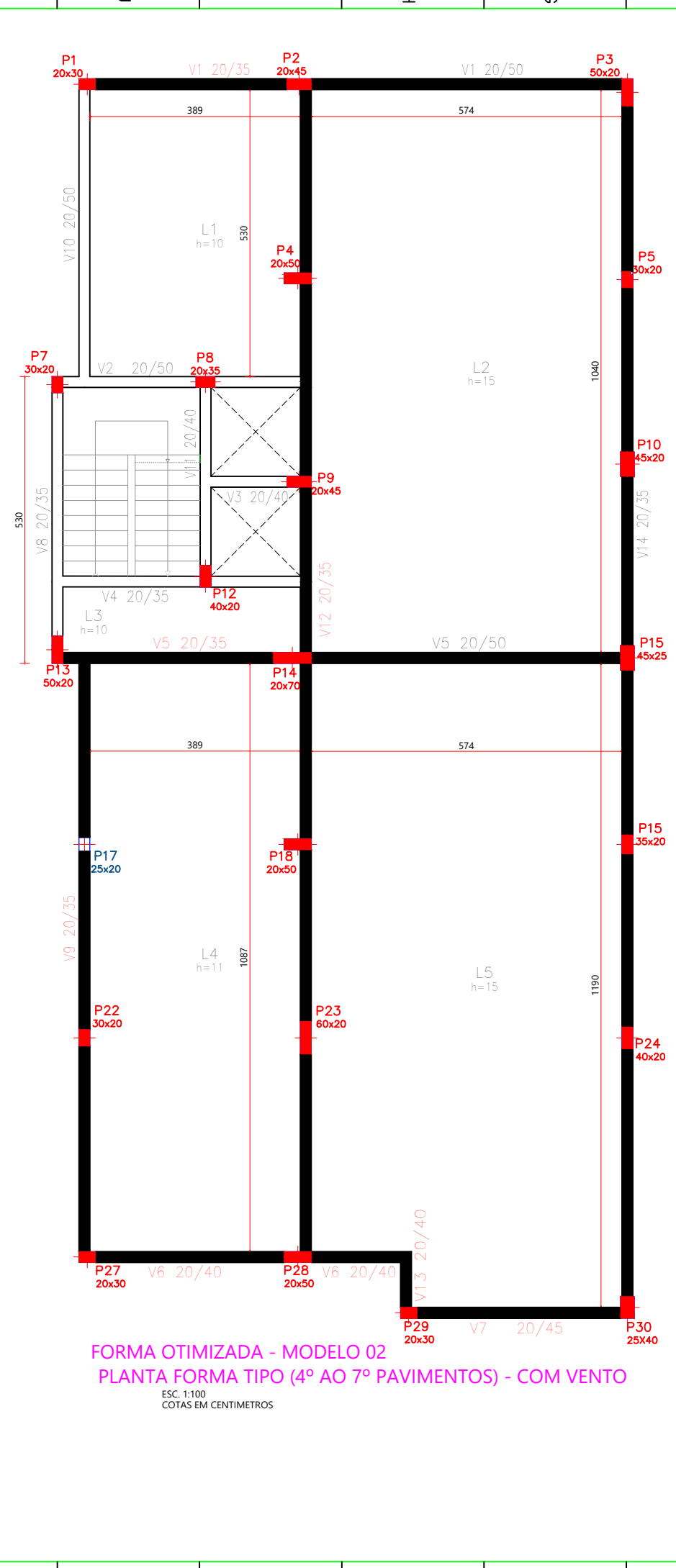


FORMA OTIMIZADA - MODELO 03
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - SEM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

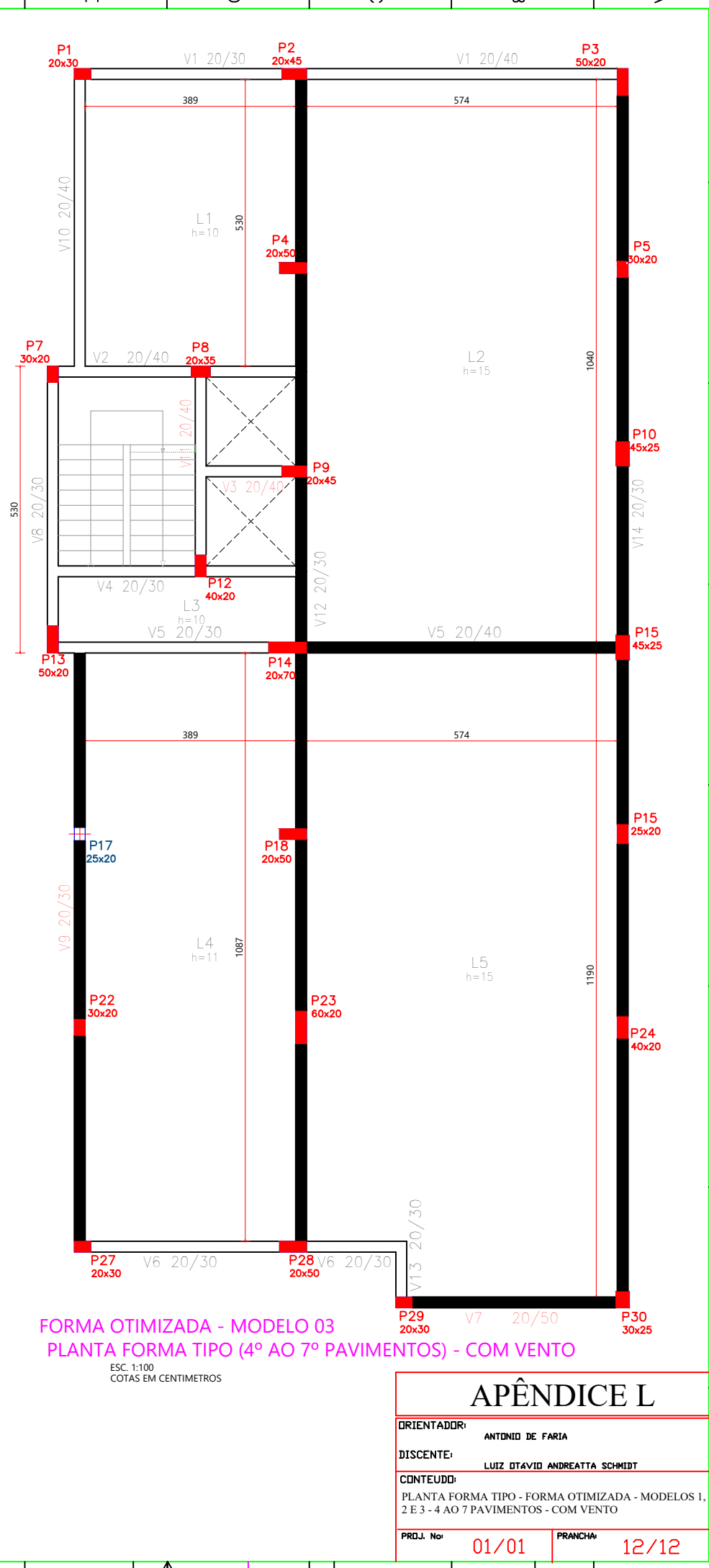
APÊNDICE K	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATA SCHMIDT
CONTEUDO:	PLANTA FORMA TIPO - FORMA OTIMIZADA - MODELOS 1, 2 E 3 - 4 AO 7 PAVIMENTOS - SEM VENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	11/12



FORMA OTIMIZADA - MODELO 01
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - COM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



FORMA OTIMIZADA - MODELO 02
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - COM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS



FORMA OTIMIZADA - MODELO 03
 PLANTA FORMA TIPO (4º AO 7º PAVIMENTOS) - COM VENTO
 ESC. 1:100
 COTAS EM CENTIMETROS

APÊNDICE L	
ORIENTADOR:	ANTONIO DE FARIA
DISCENTE:	LUIZ OTAVIO ANDREATA SCHMIDT
CONTEUDO:	PLANTA FORMA TIPO - FORMA OTIMIZADA - MODELOS 1, 2 E 3 - 4 AO 7 PAVIMENTOS - COM VENTO
PROJ. Nº:	01/01
PRANCHA:	12/12