



**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

**COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE CONCRETO ARMADO E
ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso.**

FLORIANÓPOLIS, ABRIL DE 2022.



**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

**COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE CONCRETO ARMADO E
ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso.**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Dr. André Puel.

FLORIANÓPOLIS, ABRIL DE 2022.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Martins, Otávio

COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso / Otávio Martins; orientação de André Puel. - Florianópolis, SC, 2022.

92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Concreto Armado. 2. Alvenaria Estrutural. 3. Análise Econômica. I. Puel, André. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso.

COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso.

OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de abril de 2022.

Banca Examinadora:



Prof. André Puel, Dr.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC



Prof. Alexandre Lima de Oliveira, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC



Prof. Caio Cesar Veloso Acosta, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

RESUMO

O mercado brasileiro tem vivenciado uma situação econômica desfavorável nos últimos anos. Os motivos são diversos, mas entre eles, a pandemia é a razão predominante, de modo que todos os setores da economia receberam a sua influência de alguma forma. O setor da construção civil não é uma exceção, os custos finais das obras também vieram a subir, no entanto, o setor continua aquecido e representando grande importância para a economia nacional. Com o aumento dos preços, o interesse na busca por alternativas construtivas que reduzam os custos e garantam os prazos com qualidade e funcionalidade vêm aumentando bastante. Neste contexto, edificações em Alvenaria Estrutural (AE) se inserem como alternativa ao sistema convencional em Concreto Armado (CA), apresentando uma concepção estrutural mais racional e sustentável em seus processos construtivos. Desta forma, este estudo realiza uma análise dimensional e econômica da estrutura e vedação de uma residência unifamiliar modelo, comparando-se os dois sistemas construtivos (CA e AE), no qual consideram-se as particularidades de cada método, como a tipologia de materiais empregados, terminologias empregadas, características de projeto e considerações de cálculo. Na análise, entre as escolhas possíveis de lajes e fundações para os sistemas construtivos, foram escolhidas para o estudo, a fundação rasa do tipo sapata isolada para o CA, a fundação do tipo radier para a AE e lajes maciças para ambos. Uma vez efetuado o dimensionamento estrutural para cada método, os quantitativos e custos de material e mão de obra são levantados a fim de se proceder com a análise econômica de cada sistema. Com base em toda a informação obtida, os resultados da pesquisa evidenciam a viabilidade do sistema construtivo em AE, com um custo de 34,89% menor que o obtido na mesma construção orçada no sistema convencional em Concreto Armado. Destaca-se que não se considerou valores referentes a desperdícios e prazo de conclusão de obra, sendo de total importância a análise de todos os fatores na escolha do melhor sistema para se trabalhar.

Palavras-chave: Concreto Armado, Alvenaria Estrutural, Análise econômica.

ABSTRACT

The Brazilian market has experienced an unfavorable economic situation in recent years. The reasons are diverse, but among them, the pandemic is the main reason. So, all sectors of the economy have received its influence in some way. The civil construction is not an exception. The final costs of the works (products) also came to rise. However, the sector remains heated and representing great importance for the national economy. With the increase in prices, the interest in the search for constructive alternatives, which reduce costs and guarantee deadlines with quality and functionality has been increasing greatly. In this context, buildings in Structural Masonry (SM) are inserted as an alternative to the conventional system in Reinforced Concrete (RC), showing a wiser and more sustainable structural design in their construction processes. In this way, this paper (study) performs a dimensional and economic analysis of the structure and sealing of a model single-family residence, comparing the two construction systems (SM) and (RC) in which the particularities of each method are considered, such as the typology of materials employed, terminology used design features and calculation considerations. In this analysis, among the possible choices of slabs and foundations for the construction systems, the shallow insulated footing foundation for the (SM) the radier foundation for the (RC) and solid slabs for both were chosen for the study. Once the structural design has been carried out for each method, the quantities and costs of material and labor are raised in order to proceed with the economic analysis of each system. Based on the information obtained, the research results show the viability of the (SM) constructive system, with a cost of 34,89% lower than that obtained in the same construction budgeted in the conventional system in Reinforced Concrete. It is noteworthy that values referring to waste and time for completion of the work were not considered, nevertheless, it is of total importance to analyse all the factors in choosing the best system to work with.

Keywords: Reinforced Concrete, Structural Masonry, Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COLISEU E PANTEÃO EM ROMA.....	14
FIGURA 2 - SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO ARMADO.	17
FIGURA 3 - (A) ESTRUTURA LINEAR (RETICULADA); (B) ESTRUTURA LAMINAR.....	29
FIGURA 4 - PRINCIPAIS COMPONENTES DA PAREDE EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	31
FIGURA 5 - LAJE MACIÇA BIDIRECIONAL PARA ALVENARIA ESTRUTURAL.	32
FIGURA 6 - (A) FUNDAÇÃO EM SAPATA CORRIDA; (B) FUNDAÇÃO EM RADIER.....	33
FIGURA 7 - TIPOS DE BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAIIS.....	34
FIGURA 8 – (A) AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “L”; (B) AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “T”.....	37
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS VERTICAIS.....	39
FIGURA 10 - APRESENTAÇÃO DO PROJETO 3D.....	43
FIGURA 11 - PROJETOS DA ESTRUTURA 3D - (A) CONCRETO ARMADO; (B) ALVENARIA ESTRUTURAL.....	44
FIGURA 12 - INFLUÊNCIA DE CADA ETAPA NO PREÇO GLOBAL DO CONCRETO ARMADO.	53
FIGURA 13 - RELAÇÃO MÃO DE OBRA X MATERIAL DO CONCRETO ARMADO.	54
FIGURA 14 - INFLUÊNCIA DE CADA ETAPA NO PREÇO GLOBAL DA ALVENARIA ESTRUTURAL.	55
FIGURA 15 - RELAÇÃO MÃO DE OBRA X MATERIAL DA ALVENARIA ESTRUTURAL.	56
<i>FIGURA 16 - COMPARATIVO DE PREÇO POR ETAPA ENTRE OS SISTEMAS.</i>	<i>57</i>
FIGURA 17 - RELAÇÃO MATERIAL X MÃO DE OBRA DOS DOIS SISTEMAS.....	58
FIGURA 18 - VALOR GLOBAL DOS SISTEMAS.	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS.	22
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS NOMINAIS DOS FIOS E BARRAS.....	22
TABELA 3 - VALOR DO COEFICIENTE DE ADERÊNCIA H1	23
TABELA 4 - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO AXIAL OBTIDA AOS 28 DIAS.....	34
TABELA 5 - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS BLOCOS.....	50

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ELEMENTOS ESTRUTURAIS BÁSICOS DO CONCRETO ARMADO.	18
QUADRO 2 - TIPOS DE CIMENTO PORTLAND NORMATIZADOS NO BRASIL.	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	13
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. CONCRETO ARMADO	14
2.1.1 <i>Pequeno Histórico</i>	14
2.1.2. <i>Conceitos básicos do sistema construtivo</i>	16
2.1.3. <i>Principais constituintes do Concreto Armado</i>	19
2.1.3.1. Cimento	19
2.1.3.2. Agregados	20
2.1.3.3. Água	20
2.1.3.4. Aditivos	21
2.1.3.5. Aços para concreto	22
2.1.4. <i>Vantagens e desvantagens</i>	24
2.2. ALVENARIA ESTRUTURAL	26
2.2.1 <i>Pequeno Histórico</i>	26
2.2.2. <i>Conceitos básicos do sistema construtivo</i>	28
2.2.3. <i>Concepção Estrutural</i>	30
2.2.4. <i>Principais constituintes da Alvenaria Estrutural</i>	33
2.2.4.1. Blocos	33
2.2.4.2. Argamassa	35
2.2.4.3. Graute	36
2.2.4.4. Armadura	36
2.2.5. <i>Modulação</i>	37
2.2.6. <i>Dimensionamento</i>	38
2.2.6.1. <i>Compressão simples</i>	39
2.2.6.2. <i>Flexão simples</i>	40
2.2.6.3. <i>Cisalhamento</i>	40
2.2.7. <i>Vantagens e desvantagens</i>	41
3. METODOLOGIA	43
3.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO-PADRÃO E ANÁLISE DO PROJETO	43
3.2. LEVANTAMENTO DE CUSTOS DOS DOIS SISTEMAS ESTRUTURAIS	45
3.3. DIMENSIONAMENTO EM CONCRETO ARMADO	45
3.3.1 <i>Lançamento da estrutura</i>	46

3.3.1.1. Pilares	46
3.3.1.2. Vigas	46
3.3.1.3. Lajes	47
3.3.1.4. Vergas e Contravergas	47
3.3.1.5. Fundações	47
3.3.1.6. Revestimentos	48
3.3.2. Configurações analíticas no dimensionamento	48
3.4. DIMENSIONAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	48
3.4.1. Resistência característica dos blocos	49
3.4.2. Vergas e Contravergas.....	51
3.4.3. Fundação	51
3.4.4. Revestimentos.....	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1. Concreto Armado.....	53
4.2. Alvenaria Estrutural	54
4.4. Comparativos de custos entre os sistemas estruturais	56
5. CONCLUSÕES	60
5.1. Sugestões para pesquisas futuras	61
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICES	68
APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO	68
APÊNDICE B – PROJETO EM CONCRETO ARMADO	73
APÊNDICE C – PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	78
APÊNDICE D – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CONCRETO ARMADO	83
APÊNDICE E – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	87
ANEXOS	90
ANEXO A – PERFIS DE SONDAÇÃO SPT	90

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Dentre os assuntos que serão abordados no presente estudo de caso, o principal deles será o custo de materiais e serviços da estrutura e vedação da residência modelo. Dessa forma, vale ressaltar para os leitores que este trabalho foi realizado durante a pandemia de COVID-19 e, portanto, todos os valores de custos que serão apresentados possuirão influência direta da mesma.

Neste contexto, com o aumento dos preços dos suprimentos básicos, materiais de construção e mão de obra, os custos para a construção de residências também se tornaram mais elevados. De acordo com a Sinduscon da Grande Florianópolis (SINDUSCON-FPOLIS, 2021), o custo médio do metro quadrado em reais na cidade era, em maio de 2019, no valor total de R\$ 1.723,57/m², e, após dois anos, em maio de 2021, passou a custar R\$ 2.056,63/m², o que representa um aumento significativo de 19,32% neste curto período de tempo.

O aumento dos preços ocorre de forma similar em praticamente todas as regiões do Brasil, e não é uma característica específica do setor da construção civil, que mesmo apesar das atuais conjunturas, continua contribuindo significativamente para o PIB e executando função social bastante importante no país. Com isso, dentro destas adversidades, cada vez mais os métodos construtivos da indústria da construção civil vêm melhorado, tanto os racionalizados quanto os industrializados, em busca da elevação da qualidade de seus produtos e serviços através de ações focadas na redução de prazos e custos.

Assim, a Alvenaria Estrutural (AE), dentre outros sistemas, surge como uma alternativa ao sistema convencional em Concreto Armado (CA), que é o mais empregado na construção civil atualmente. Entretanto, apesar de mais empregado, não significa que o CA seja o mais adequado para todos os tipos de construções, pois em parte dos casos, a mesma construção poderia ser executada em outro sistema construtivo sem grandes modificações, e muitas vezes, de forma menos onerosa e evitando desperdícios.

Apesar do sistema construtivo em Concreto Armado ser o mais aceito popularmente há décadas no Brasil, o sua composição e conceito como sistema construtivo é ainda bastante jovem quando comparada à Alvenaria Estrutural.

Enquanto as primeiras aparições do CA surgiram apenas no século XIX, a AE possui registros há milhares de anos, sendo utilizada inicialmente através do empilhamento de rochas, de forma mais rudimentar, porém, ao passar dos anos, as técnicas foram evoluindo e a partir de 3000 A.C. já se têm registros da AE com a produção artesanal de tijolos. (SOARES, 2003).

Embora bem mais antiga, a Alvenaria Estrutural foi implementada no Brasil com maior expressividade apenas na década de 80, na construção de conjuntos habitacionais, que ganharam força com o surgimento de fábricas e grupos de pesquisas sobre o tema (ROMAN, 1996). Enquanto o Concreto Armado já possui popularidade no Brasil desde o início do século XX, pois na época, apresentava-se como sendo a melhor alternativa de tecnologia construtiva para um país que não dispunha de indústria desenvolvida e nem mão de obra qualificada (SANTA CECÍLIA, 2005, p.7).

Neste contexto, entende-se que os dois sistemas construtivos acima citados possuem as suas particularidades, o que torna o emprego de um dos sistemas mais adequado que o outro dependendo de cada caso. Porém, a engenharia está sempre em busca do aprimoramento em relação ao crescimento e desenvolvimento exigidos pelo mercado imobiliário, como é o caso da Alvenaria Estrutural, que vem sendo empregada por diversas empresas, visto como uma evolução significativa na redução de custos e nas soluções para o desperdício de materiais em obras (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Neste sentido, o presente trabalho busca abordar as principais características dos sistemas acima citados, avaliando as particularidades de cada um e verificando o custo da estrutura e vedação de uma residência unifamiliar de pequeno porte na cidade de Florianópolis/SC, em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural. Desse modo, este trabalho procura auxiliar na difusão dos conhecimentos sobre os sistemas construtivos acima citados e os benefícios que a sua adoção proporciona.

1.2. Objetivos

Os objetivos desse trabalho estão classificados como geral e específicos, e estão descritos a seguir.

1.2.1. Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo orçamentário entre os sistemas construtivos de Concreto Armado tradicional e Alvenaria Estrutural com blocos de concreto, visando quantificar os custos dos materiais e mão de obra utilizados na estrutura e vedação de cada um dos dois sistemas para a construção de uma residência unifamiliar de dois pavimentos na cidade de Florianópolis/SC.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Analisar características, especificidade e critérios de dimensionamento para os sistemas construtivos em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural;
- b) Lançamento, análise e dimensionamento da estrutura em Concreto Armado com o auxílio da ferramenta computacional Eberick 2022;
- c) Lançamento, análise e dimensionamento da estrutura em Alvenaria Estrutural com o auxílio de planilha eletrônica e da ferramenta computacional Eberick 2022 (em lajes e fundação);
- d) Elaborar o levantamento dos quantitativos e custos;
- e) Comparar os resultados entre os sistemas;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo será destinado para o embasamento teórico dos dois sistemas construtivos propostos para o estudo. Serão apresentadas as particularidades de cada um dos sistemas, as vantagens e desvantagens, além dos componentes e requisitos de cálculo para o dimensionamento estrutural.

2.1. Concreto Armado

Inicialmente será apresentado um pequeno histórico sobre o surgimento do sistema construtivo em Concreto Armado, contendo alguns dos principais marcos para o sistema. Após isso, serão expostas as suas características, componentes, principais vantagens e desvantagens.

2.1.1 Pequeno Histórico

O concreto é um material milenar, estima-se que o seu descobrimento ocorreu durante o período do Império Romano (27 a.C. a 476 d.C.), há mais de 2000 anos, e alguns dos registros de sua utilização perduram até os dias de hoje. Foi criado inicialmente através da mistura de cinzas vulcânicas, óxidos de cálcio (cal), agregados de rochas vulcânicas e água do mar. Algumas evidências do uso do concreto nas obras romanas, são: o Coliseu e o Panteão, localizados em Roma, construídos nos primeiros séculos da era cristã, e em ótimo estado de conservação atualmente (BASTOS, 2019).

Figura 1 - Coliseu e Panteão em Roma.



Fonte: Bastos (2019).

No concreto romano, a água do mar possuía função importante nas reações químicas do concreto, tornando-o mais resistente e durável em sua presença, porém vale ressaltar, que o mesmo não acontece com o concreto comum, utilizado atualmente em larga escala.

Segundo Carvalho e Figueiredo (2014), após a descoberta do concreto pela civilização romana, vários séculos se passaram, e grande parte das informações sobre o concreto com pozolana haviam sido perdidas. Somente no século XIX, o material voltou a ser utilizado de forma efetiva, como se pode ver no resumo cronológico abaixo, que contém os fatos datados mais expressivos para a evolução global do material no decorrer dos anos:

- 1824: na Inglaterra, Joseph Aspdin inventa o cimento Portland.
- 1855: na França, Joseph Louis Lambot cria um barco construído com telas de fios finos de ferro, preenchidas com argamassa de cimento. O objeto é considerado o primeiro do material “cimento armado” da história.
- 1861: na França, Joseph Mounier, considerado o criador do “Concreto Armado”, fabrica vasos de flores, construídos com tubos reforçados de ferro, argamassa de cimento e armadura de arame. Posteriormente, o paisagista e inventor também cria escadas, reservatórios e ponte em concreto armado.
- 1867: Joseph Mounier obtém a patente para os seus vasos de flores, e, nos anos seguintes, obtém também a patente para tubos e placas.
- 1873: o americano William E. Ward constrói em Nova York uma casa de concreto armado – o Ward’s Castle, que existe até os dias de hoje.
- 1888: o alemão Dohring obtém a patente segundo a qual é possível aumentar a resistência de placas e pequenas vigas, por meio de protensão da armadura.
- 1900: Matthias Koenen inicia o desenvolvimento da teoria do concreto armado.
- 1902: o engenheiro alemão Edward Mörsch, da continuidade à teoria desenvolvida por Koenen e cria a primeira teoria realista e consistente sobre o dimensionamento das peças de Concreto Armado, na qual da origem às primeiras normas para o cálculo e construção em Concreto armado, e tem seus fundamentos válidos até hoje.
- 1904: na Alemanha, são publicadas as “Instruções provisórias para a preparação, execução e ensaio de construções de concreto armado”. (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2014, p.22-23).

No Brasil, o desenvolvimento do Concreto Armado teve início no século XX, com a construção de galerias de água no Rio de Janeiro em 1901 e a construção de casas e sobrados em 1904. O primeiro edifício em São Paulo foi construído em 1907, sendo um dos mais antigos do Brasil em “cimento armado”, com três pavimentos. Em 1908, no Rio de Janeiro, foi construída a primeira ponte em concreto armado, com 9 metros de vão, chamada de Hennebique. (BASTOS, 2019).

Em 1912, a empresa de origem alemã “Wayss & Freytag” se estabelece como sendo a primeira firma especializada em projetos e construção de concreto armado no Rio de Janeiro. (SANTOS, 2008). A partir de 1924, a empresa passa a se chamar “Companhia Construtora de Cimento Armado” e quase todos os cálculos estruturais passaram a ser feitos no Brasil. (SANTOS, 2008).

No século passado o Brasil colecionou diversos recordes, destacando-se: marquise da tribuna do Jockey Clube do Rio de Janeiro, com balanço de 22,4 m (1926); ponte Presidente Sodré em Cabo Frio, com arco de 67 m de vão (1926); edifício Martinelli em São Paulo, com 106,5 m de altura e 30 pavimentos (1925); elevador Lacerda em Salvador, com altura de 73 m (1930); ponte Emílio Baumgart em Santa Catarina, com vão de 68 m (1930); edifício “A Noite” no Rio de Janeiro, com 22 pavimentos (1928) (BASTOS, 2019 – pg. 6).

Com a evolução do sistema construtivo, aumenta-se a necessidade da elaboração de regras de trabalho, e de padronização dos procedimentos. Dessa forma, em 1940, surge a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e a Norma para o projeto e execução de estruturas de concreto armado (NB-1) é elaborada (FUSCO, 2008). A partir de então são desencadeados uma série de acontecimentos, conforme destacados abaixo:

Na década de 1950 cria-se o CEB - Comitê Europeu do Concreto, do qual o Brasil passa a fazer parte. Surge também a FIP - Federação Internacional da Protensão.

A primeira síntese dos resultados obtidos pelo trabalho coordenado pelo CEB foi elaborada em 1970, com a publicação das Recomendações Internacionais CEB-FIP/70.

Em 1973 é realizado, em Lisboa, o Curso Internacional CEB-FIP para a divulgação sistemática dos novos conhecimentos, ministrado para 50 pessoas do mundo, que pudessem retransmiti-los aos seus respectivos países.

Em 1978 surge a segunda sistematização de conhecimentos, com a publicação do Código Modelo CEB-FIP para estruturas de concreto armado. No mesmo ano, já sob forte influência dessas ideias, termina a revisão da NB-1, surgindo a NB-1/78, que exerceu forte influência sobre a engenharia nacional de estruturas.

Em 1990 dá-se a divulgação de nova sistematização, consolidada pela publicação do Código Modelo CEB-FIP/90.2.

Em 1998, juntaram-se as duas associações, CEB e FIP, formando a FIB, Federation Internationale du Béton,³ que permanece até hoje liderando o progresso das estruturas de concreto (FUSCO, 2008 – pg. 12).

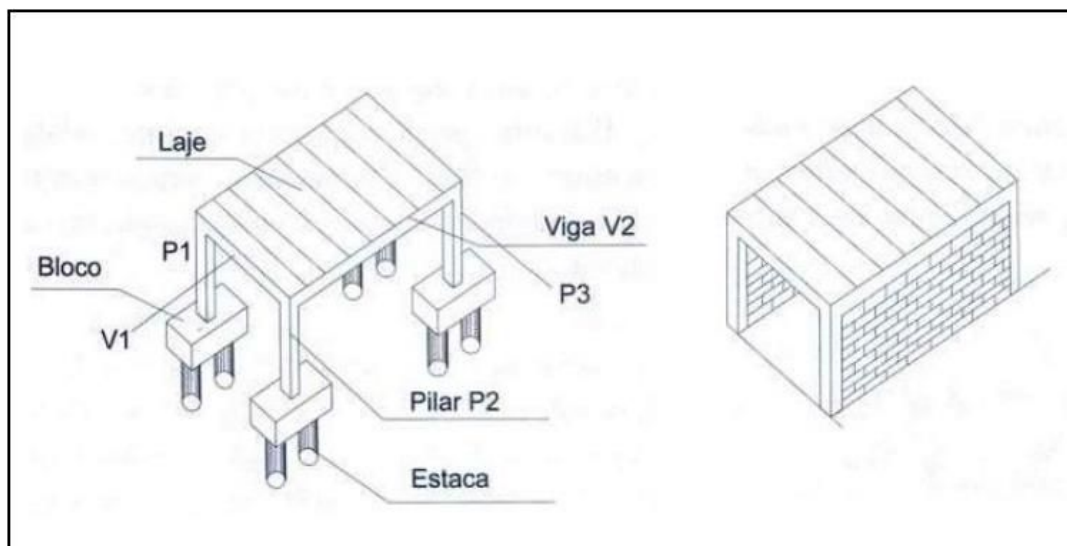
2.1.2. Conceitos básicos do sistema construtivo

O concreto simples é formado através da mistura de alguns componentes básicos: cimento, água, agregado miúdo, areia e agregado graúdo. (FUSCO, 2008).

Ele tem por característica se comportar como um material frágil, quando submetido a tensão de tração, e pode se dizer que possui desempenho plástico, quando sujeito a tensão de compressão (LUKE, 2015).

De acordo com Carvalho e Figueiredo (2014), o Concreto Armado é definido pela associação entre concreto simples e armadura passiva, de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes. O sistema estrutural em concreto armado é determinado pelo arranjo dos elementos estruturais, que geralmente possuem uma ou duas dimensões dominantes sobre as demais (vigas, lajes, pilares, etc.).

Figura 2 - Sistema construtivo em Concreto Armado.



Fonte: Carvalho e Figueiredo (2014).

O funcionamento estrutural do sistema construtivo em Concreto Armado pode ser definido da seguinte forma: as lajes suportam o seu peso próprio, de cargas permanentes como paredes e revestimentos, e também de cargas acidentais, como as de água e pessoas. As cargas da laje são transmitidas para as vigas, que juntamente com o seu peso próprio, transmitem as cargas para os pilares. Os pilares, por sua vez, transferem todas as cargas acumuladas das lajes e vigas, juntamente com o seu peso próprio, para as fundações (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2014).

Segundo Porto e Fernandes (2015), no Quadro 01, estão apresentadas as definições para os elementos estruturais básicos do sistema construtivo em Concreto Armado.

Quadro 1 - Elementos estruturais básicos do Concreto Armado.

ELEMENTOS ESTRUTURAIS	DEFINIÇÃO
LAJE	As lajes de concreto, também chamadas de placas de concreto, são elementos bidimensionais, cuja a espessura é bem menor que as outras dimensões (comprimento e largura). Elas estão sujeitas a ações normais (perpendiculares) ao seu plano. São elementos estruturais responsáveis por propagar as cargas que lhe são transmitidas às vigas, e, que por sua vez, serão transferidas aos pilares, e conduzidas às fundações.
VIGA	As vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (NBR 6118:2014 - 14.4.1.1). Elemento linear é aquele em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal. A funcionalidade das vigas pode ser exposta da seguinte maneira: é o elemento do sistema construtivo que possibilita vencer maiores vãos, e é responsável pela transmissão das cargas nela atuantes para os apoios, comumente os pilares.
PILAR	Os pilares são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais são preponderantes” (NBR 6118:2014 -14.4.1.2). Denominados também de elementos reticulares, unidirecionais ou unidimensionais, em geral prismáticos ou cilíndricos em que uma das dimensões (comprimento) prepondera sobre as outras duas (largura e altura). Em função dos esforços internos atuantes, os pilares podem estar solicitados por compressão normal, centrada, flexão normal composta (flexocompressão) ou flexão oblíqua composta. Podem assumir várias formas de seção transversal, sendo as mais comuns a seção quadrada, retangular e circular. Pode-se dizer que é o elemento estrutural mais importante, pois sua função é a de apoiar as vigas e lajes, e transmitir as cargas atuantes até as fundações.
FUNDAÇÃO	A fundação é o elemento estrutural responsável por transmitir a carga da estrutura ao solo. Para escolha do tipo mais adequado, devem-se levar em conta as condições do solo e as cargas atuantes na fundação a ser executada, com o objetivo de transmitir as cargas ao solo sem ocasionar a ruptura deste. Entre os tipos de fundações, têm-se: as superficiais, também chamadas diretas ou rasas, que são utilizadas quando as camadas do solo imediatamente abaixo da fundação têm a capacidade de suportar as cargas; e as profundas, também conhecidas como indiretas, empregadas quando as camadas mais resistentes se encontram a uma certa profundidade, sendo a fundação apoiada nelas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.1.3. Principais constituintes do Concreto Armado

Neste tópico, serão fornecidas algumas características das principais matérias primas que constituem o Concreto Armado.

2.1.3.1. Cimento

O cimento, como já citado anteriormente, foi inventado na Inglaterra, em 1824, e começou a ser produzido industrialmente no ano de 1850. Ele é um material constituído de um pó fino com propriedades aglomerantes, que endurece sob ação da água, e que após endurecido não se decompõe, mesmo que seja novamente submetido à ação da água. (BASTOS, 2019).

Segundo Fusco (2008), os principais componentes do cimento são: a cal (CaO), a sílica (SiO), a alumina (Al₂O₃) e o óxido de ferro (Fe₂O₃). Para se obter as características finais desejadas, esses componentes são misturados e aquecidos até que ocorra a fusão do incipiente, sendo posteriormente moídos, obtendo-se a finura de interesse.

Dentre os diferentes tipos de cimento, alguns são de uso mais comum, dependendo da região do Brasil, em função principalmente da disponibilidade das matérias primas.

Quadro 2 - Tipos de cimento Portland normatizados no Brasil.

Nome Técnico	Identificação do Tipo
Comum	CP I (a)
Comum com adição	CP I-S (a)
Composto com escória	CP II-E (a)
Composto com pozolana	CP II-Z (a)
Composto com fíler	CP II-F (a)
Alto-forno	CP III (a)
Pozolânico	CP IV (b)
Alta resistência inicial	CP V-ARI
Branco estrutural	CPB (a)

Fonte: Bastos (2019, p. 13).

Notas: a) fabricado nas classes de resistência à compressão de 25, 32 ou 40 MPa;

b) fabricado nas classes 25 ou 32 Mpa.

Todo o processo de fabricação do cimento deve estar de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Além disso, segundo Yazigi (2009), o cimento, normalmente fornecido no comércio em sacos de 25 Kg e 50 Kg, deve ser armazenado em pilhas de no máximo 10 sacos sobre estrados de madeira, afastadas de piso e paredes, para preservação das suas propriedades até o seu uso em obra.

2.1.3.2. Agregados

De acordo com Yazigi (2009), os agregados do Concreto Armado podem ser definidos como: materiais granulares, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia. Podem ser classificados quanto à origem (natural ou artificial), dimensões (miúdo ou graúdo) e peso unitário (leve, normal ou pesado).

Eles constituem cerca de 70 a 80% da composição do concreto e possuem grande importância nas características do material, tais como: a redução das variações volumétricas (retração), o aumento da resistência à compressão, além de serem adquiridos com um menor custo, por este motivo, são os grandes responsáveis por deixar o concreto mais barato (BASTOS, 2019).

Quanto aos principais agregados do concreto, fazem parte todos os tipos de areias (agregados miúdos), pedras e britas (agregados graúdos). Os agregados miúdos tem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm e os agregados graúdos tem diâmetro superior a 4,8 mm (FUSCO, 2008).

Como mencionado, os agregados constituem a maior parcela da composição do concreto, portanto, a pureza e a qualidade destes materiais também devem ser observadas. Eles devem estar isentos de substâncias prejudiciais como: argilas, matéria orgânica e outros, que podem afetar as reações de pega e o endurecimento do concreto (VILASBOAS, 2004).

2.1.3.3. Água

A água é responsável inicialmente por reagir quimicamente com o cimento. Ela torna o concreto suficientemente trabalhável, facilita seu transporte, lançamento e adensamento. Posteriormente, ela auxilia no processo de cura, prevenindo o

aparecimento de fissuras ao longo do seu endurecimento e proporcionando o melhor desenvolvimento das reações químicas de hidratação do cimento (YASIGI, 2009).

De acordo com Fusco (2008) e a NBR 6118:2014, presumem-se satisfatórias as águas potáveis. No caso de águas não-potáveis há a necessidade de se controlar o conteúdo de matéria orgânica, os resíduos sólidos existentes, bem como os teores de sulfatos (expressos em íons SO_4) e de cloretos (expressos em íons Cl).

O seu excesso deve ser evitado, pois durante o processo de endurecimento do concreto, a evaporação da água da mistura deixa canais capilares e pequenas bolhas (vazios). Nesse contexto, quanto mais água existir na mistura, maior será o volume de vazios e mais fraco será o concreto. Logo, entende-se que a quantidade ideal de água é aquela que possibilita a realização efetiva das reações químicas, e ainda, torna o concreto adequadamente trabalhável, possibilitando o surgimento da menor quantidade possível de vazios (YASIGI, 2009).

2.1.3.4. Aditivos

Aditivos são produtos químicos produzidos a partir de matérias primas como: cloretos, aluminatos, melamina, silicatos, dentre outros, e que quando misturados na confecção do concreto, em quantidades inferiores a 5% em volume, sobre o peso de cimento, modificam as suas propriedades físico-químicas (CARVALHO, 2017).

Têm a finalidade de melhorar e facilitar a confecção, lançamento e aplicação do concreto, eliminando ou minimizando os efeitos indesejáveis como segregação, fissuração, bolhas de ar, entre outros. Além disso, são capazes de melhorar as características mecânicas, impermeabilidade, aparência e durabilidade do concreto (CARVALHO, 2017).

Dentre os principais tipos de aditivos, temos: os plastificantes, incorporadores de ar, retardadores de pega, aceleradores de pega, aceleradores de endurecimento, colorantes e impermeabilizantes (CARVALHO, 2017).

2.1.3.5. Aços para concreto

O aço é um material metálico, constituído de ferro com adição de teores de carbono entre 0,4% e 0,6%, para o uso em concreto. A adição de outros materiais, como manganês, níquel, enxofre, silício, e outros, proporciona a obtenção de características específicas diferentes em função do tipo de aplicação (BASTOS, 2019).

Os aços para concreto são classificados conforme as especificações da norma ABNT NBR 7480:2007 de acordo com a sua resistência e diâmetro nominal. São divididos em três categorias de aço no mercado: aço CA-25, CA-50 e CA-60. Os números 25, 50 e 60 referem-se à resistência característica ao escoamento do aço à tração f_{yk} , expressa em KN/cm² (GERDAU, 2020).

Tabela 1 - Propriedades mecânicas dos aços.

Aço	f_{yk} (Mpa)	f_{yd} (Mpa)
CA-25	250	217
CA-50	500	435
CA-60	600	522

Fonte: Adaptado de Gerdau, 2020.

De acordo com Custódio (2017) e a NBR 7480:2007, os aços são classificados como barras ou fios. As barras, também chamadas de vergalhões, possuem diâmetro nominal que varia entre 5 e 40 mm. São obtidas exclusivamente por laminação a quente, sendo representado pelas categorias dos aços CA-25 e CA-50. Os fios, caso dos CA-60, são aços de diâmetro nominal de 2,4 a 10 mm, obtidos por trefilação ou processo equivalente, como estiramento e laminação a frio.

Tabela 2 - Características geométricas nominais dos fios e barras.

Bitola (pol)	Diâmetro (mm)		Massa (Kg/m)	Área (mm²)	Perímetro (mm)
	Fios	Barras			
--	2,4	--	0,036	4,5	7,5
--	3,4	--	0,071	9,1	10,7
--	3,8	--	0,089	11,3	11,9
--	4,2	--	0,109	13,9	13,2
--	4,6	--	0,130	16,6	14,5
--	5,0	5,0	0,154	19,6	15,7
--	5,5	--	0,187	23,8	17,3

--	6,0	--	0,222	28,3	18,8
1/4"	--	6,3	0,245	31,2	19,8
--	6,4	--	0,253	32,2	20,1
--	7,0	--	0,302	38,5	22,0
5/16"	8,0	8,0	0,395	50,3	25,1
--	9,5	--	0,558	70,9	29,8
3/8"	10,0	10,0	0,617	78,5	31,4
1/2"	--	12,5	0,963	122,7	39,3
5/8"	--	16,0	1,578	201,1	50,3
3/4"	--	20,0	2,466	314,2	62,8
--	--	22,0	2,984	380,1	69,1
1"	--	25,0	3,853	490,9	78,5
1.1/4"	--	32,0	6,313	804,2	100,5
1.9/16"	--	40,0	9,865	1256,6	125,7

Fonte: Adaptado de NBR 7480:2007 e Gerdau, 2020.

As barras (vergalhões) podem ainda conter em sua superfície nervuras, entalhes ou serem lisas, de acordo com a necessidade de sua utilização. Essa característica confere ao aço melhor aderência com o concreto, sendo medida pelo coeficiente de aderência (η_1), conforme indicado na Tabela 3 (BASTOS, 2019).

Tabela 3 - Valor do coeficiente de aderência η_1

Tipo de superfície	η_1
Lisa	1,0
Entalhada	1,4
Nervurada	2,25

Fonte: NBR 6118:2014 – Tabela 8.3.

Em concordância com o fenômeno de aderência citado, pode-se concluir que o funcionamento do concreto armado, envolve não somente a junção dos dois materiais (concreto e aço), mas também, a ocorrência da solidariedade entre eles. No caso do concreto, a integração com o aço tem a principal finalidade de aumentar a resistência aos esforços de tração; no caso do aço, ao ser envolvido corretamente pelo concreto, cria-se uma camada protetora que evita a corrosão do metal, ou seja, há uma colaboração entre os materiais para que desse modo, os elementos estruturais possam resistir às tensões que estarão submetidas, de forma mais efetiva e segura (LUKE, 2015).

Dessa forma, a presença do aço nas estruturas de concreto é indispensável. A sua importância é tanta, que grande parte dos defeitos que aparecem em obra estão

diretamente relacionados à aplicação indevida do material. Entre os principais, podemos citar:

- Defeitos nas plantas de armação, com o emprego de escalas insuficientes ou como consequência de substituição de plantas claras por listas de armações confusas, realizadas em obra e, em geral, deficientes;
- Falta de verificação da possibilidade real para colocar as barras nas posições previstas;
- Falta de previsão das dificuldades que aparecerão na concretagem de elementos muito armados, especialmente nas zonas de cruzamento e ancoragem;
- Falta de detalhes ou especificações pouco claras ao atribuir às barras lisas as garantias que só são asseguradas pelas barras de alta aderência;
- Erros de conceito sobre a forma em que vai ser transmitido um esforço, podendo não existir armaduras para absorvê-lo;
- Erros originados pelo deslocamento das armaduras durante a concretagem e como consequência de falta de fixação por pisotamento, por operários, das barras horizontais, golpes com o vibrador, deslocamento de estribos etc;
- Concentração de armaduras em nós ou outros pontos singulares, o que impede não apenas que sejam corretamente posicionadas, mas que seja realizada a concretagem de maneira correta nessas zonas;
- Falhas ocasionadas pela falta de seção de aço e/ou deficiências de comprimento de ancoragem para transmitir os esforços, decorrentes, na maioria das vezes, pelo não cumprimento às instruções existentes e normas;
- Erros nos resultados fornecidos pelos computadores, os quais não são detectados preliminarmente por falta de revisão (VILASBOAS, 2004 – pg. 112).

2.1.4. Vantagens e desvantagens

De acordo com Bastos (2019), os principais aspectos positivos do Concreto Armado são:

- a) Custo acessível, e com disponibilidade em quase todas as regiões do Brasil;
- b) Possibilidade de adquirir variadas formas, e opção de se utilizar elementos pré-moldados como forma construtiva;
- c) Resistência ao fogo, superior à madeira e ao aço;
- d) Resistência a desgastes mecânicos, efeitos atmosféricos, choques e vibrações;
- e) Material durável, quando bem executado e possuindo os valores de cobertura do aço, conforme prescrito na NBR 6118:2014;
- f) Impermeabilidade muito boa, quanto bem executado;
- g) Técnicas executivas conhecidas em todo país.

Bastos (2019) também expõe os principais aspectos negativos das estruturas de Concreto Armado, são eles:

- a) Baixa resistência à tração, dificultando o vencimento de grandes vãos;
- b) Requer a utilização de fôrmas e escoramentos para a execução dos elementos estruturais, até que estes obtenham a resistência adequada, acarretando no aumento de custo de material e mão de obra;
- c) Baixa resistência do concreto por unidade de volume; Estruturas com volume e peso próprio elevados, decorrente da alta massa específica (2450 kg/m^3), o que limita o seu uso em alguns casos;
- d) Alterações de volume com o tempo, podendo causar fissuração e a deterioração do concreto;
- e) Bom condutor de som e calor, necessitando de outros materiais para auxiliar no isolamento termo acústico, em alguns casos.

Vale acrescentar, que o sistema construtivo em Concreto Armado ainda é evidenciado pela baixa produtividade, pelo desperdício e falta de reaproveitamento dos materiais. Isso se decorre, em parte, principalmente da alta demanda de serviços realizados in loco, e da utilização de mão obra despreparada. Além disso, de acordo com Roth e Garcias (2009), o próprio processo de produção das principais matérias primas para a execução do sistema construtivo é relativamente poluidor, como é o caso dos materiais: cimento, blocos cerâmicos e outros.

2.2. Alvenaria Estrutural

Inicialmente será apresentado um pequeno histórico sobre o surgimento do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural, contendo alguns dos principais marcos para o sistema. Após isso, serão expostas as suas características, componentes, principais, vantagens e desvantagens.

2.2.1 Pequeno Histórico

Segundo Peleteiro (2001), a alvenaria está entre as mais antigas formas de construção empregadas pelo homem, sendo largamente utilizada pelo ser humano na construção de monumentos e templos religiosos desde a antiguidade. De acordo com Camacho (2006), os povos Assírios e Persas são os responsáveis pela sua descoberta. As construções desses povos eram realizadas através do uso de tijolos queimados ao sol (adobe), e datam de aproximadamente 10.000 A.C.

Estima-se que próximo a 3.000 A.C. os povos Sumérios já empregavam tijolos queimados em fornos, uma evidência disso é a construção da Escadaria do Zigurate. Este marco na tecnologia representou uma importante etapa no desenvolvimento da humanidade, tendo permitido posteriormente a realização de grandes obras (SOUSA, 2003).

Durante o Império Romano (27 a.C. a 476 d.C.), a tecnologia de conformação, aditivos e secagem do processo produtivo da Alvenaria Estrutural é completamente descrita. Neste período, além do trabalho manual humano, a produção contava também com o uso de animais e água no processo industrial, e a cozedura era efetuada em fornos a lenha (SOUSA, 2003).

Dessa forma, os Romanos foram responsáveis pela herança de alguns dos principais conhecimentos de Alvenaria Estrutural para a humanidade. Disseminaram essa sabedoria por toda a atual Europa Ocidental, com o conteúdo e a execução de construções de edifícios, fortificações, torres, teatros, pontes, aquedutos e muitos outros. A grande maioria destes conhecimentos foi carregada até a Idade Média e Revolução Industrial (SOUSA, 2003).

De acordo com Camacho (2006), após a contribuição das tecnologias e construções dos Romanos os progressos desse sistema construtivo ficaram estagnados por vários séculos. O sistema continuou sendo largamente utilizado, com

pequenas alterações quanto a arquitetura ao longo dos anos, porém, os materiais e soluções construtivas mantiveram-se praticamente inalterados. Mesmo assim, segundo o autor, alguns acontecimentos posteriores a este período merecem destaque na história da Alvenaria Estrutural, são eles:

- **Idade Média:** os castelos e as grandes catedrais dos séculos XII a XVII.
- **Século XVIII:** teoria matemática de Euler que equacionou a carga de flambagem de colunas.
- **1880:** primeiras pesquisas experimentais sistemáticas em alvenaria de tijolos realizadas nos EUA.
- **1891:** construção do edifício Monadnock em Chicago, com 16 pavimentos e 65 m de altura (paredes com 1.80 m de espessura).
- **Início Século XX:** abandono da alvenaria como estrutura em função do surgimento do aço e do concreto armado, que então ofereciam vantagens econômicas e técnicas.
- **1923:** A Brebner publica os resultados de ensaios realizados ao longo de 2 anos. Este marco é considerado o início da alvenaria estrutural armada.
- **1948:** foi publicada a primeira norma para o cálculo de alvenaria de tijolos na Inglaterra – CP 111.
- **Década de 50:** construção na Europa de vários edifícios relativamente altos. Em 1951, o primeiro edifício em Alvenaria Estrutural não Armada é construído na Suíça, com 13 pavimentos e 41 m de altura.
- **1966:** é editado o primeiro código americano de Alvenaria Estrutural (Recommended Building Code Requirements for Engineered Brick Masonry).
- **1978:** é editada uma nova norma inglesa (BS-5628), que trabalha com o método semiprobabilístico (abandona-se o critério das tensões admissíveis) (CAMACHO, 2006 – pg. 6).

Com isso, pode-se concluir que o declínio da alvenaria, ocorrido durante o período da Revolução Industrial (1760 a 1840) e início do século XX, foi devido ao surgimento do concreto armado e aço estrutural. Por causa dos sistemas construtivos concorrentes, a alvenaria dirigiu-se, prioritariamente, às edificações de pequeno porte até a década de 50, e cedeu o seu lugar na construção de edifícios para os sistemas adversários, que eram capazes de serem executados em menor tempo, custo e com estruturas mais esbeltas (SOUSA, 2003).

No Brasil, a alvenaria teve um desenvolvimento completamente diferente do restante dos países desenvolvidos. Enquanto colônia (1530 a 1822), as técnicas construtivas empregadas no país foram praticamente as mesmas durante todo o período. Eram fruto da influência dos Portugueses (principalmente), mas também, dos Espanhóis e Holandeses. As maiores dificuldades para a evolução do sistema no período estavam ligadas a proibição das indústrias e a economia baseada na escravidão, que desestimulava a inovação técnica do sistema (SILVA, 2003).

De acordo com Silva (2003), durante o período entre 1850 e 1920, a alvenaria no país teve o que é considerado o seu período áureo. Os exemplares desta época surpreendem, ainda hoje, pela primorosa execução. Nas décadas seguintes, como ocorrido no restante dos países, a alvenaria foi deixada um pouco de lado, e substituída principalmente pelo sistema construtivo em Concreto Armado. Mesmo assim, segundo Camacho (2006) alguns acontecimentos da alvenaria ocorridos a partir da década de 60 no Brasil merecem destaque, conforme citado abaixo:

- **1966:** início da Alvenaria Estrutural Armada, com a construção do conjunto habitacional "Central Parque da Lapa", em São Paulo (edifícios de 4 pavimentos em blocos de concreto).
- **1977:** início da Alvenaria Estrutural Não Armada, com a construção de um edifício de nove pavimentos em São Paulo, usando blocos sílico-calcáreos.
- **Década de 80:** introdução de blocos cerâmicos na Alvenaria Estrutural.
- **1988:** construção, em São Paulo, de quatro edifícios de 18 pavimentos em blocos de concreto (os mais altos da América do Sul, na época) (CAMACHO, 2006 – pg. 7).

Com isso, vale ressaltar que atualmente no Brasil a Alvenaria Estrutural possui o seu espaço nas habitações de interesse social no âmbito do programa Minha Casa Minha Vida, mas ainda há muito a ser explorado. Alguns dos principais fatores que levam à menor utilização do sistema no país, ainda são: preconceito, maior domínio da tecnologia do concreto armado, limitações arquitetônicas e menor divulgação do assunto nas universidades durante o processo de formação do profissional. Desse modo, dentre os objetivos do presente trabalho, procura-se contribuir com o aumento do conhecimento sobre este sistema construtivo.

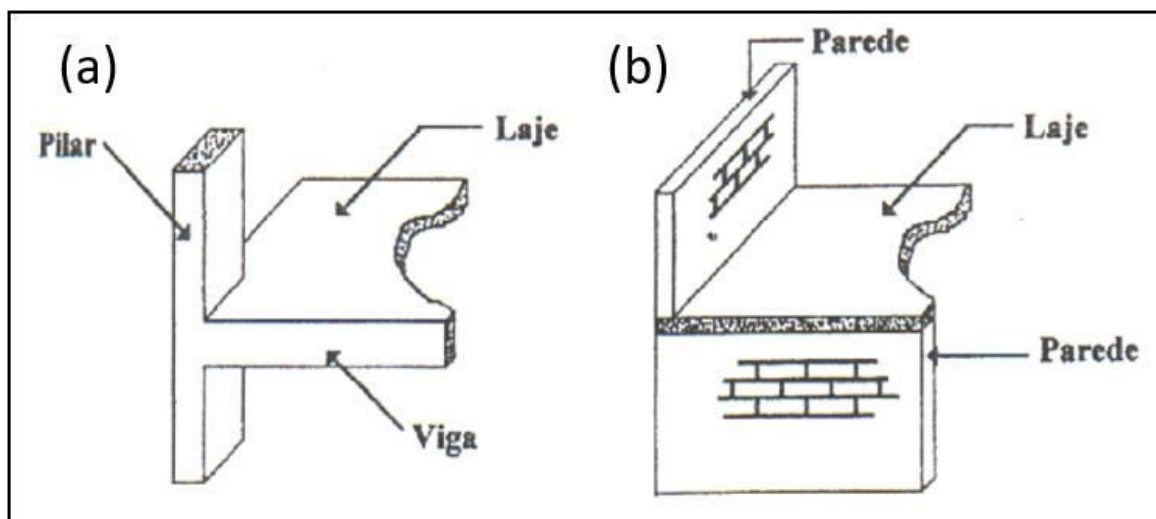
2.2.2. Conceitos básicos do sistema construtivo

Roman et al. (2015) define a Alvenaria Estrutural como: "*processo construtivo em que se utiliza as paredes da habitação para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de Concreto Armado, aço ou madeira*". Segundo Nonato (2013), o conceito do sistema está em transformar o bloco de alvenaria, normalmente utilizado apenas com função de vedação, na própria estrutura. Por este motivo, os componentes precisam ter a sua resistência bastante controlada, de forma a se garantir a segurança da edificação.

Algumas das principais funções do sistema construtivo em Alvenaria estrutural são: vedar os espaços, resistir aos impactos, cargas, ações do fogo, proteger acusticamente os ambientes, promover a segurança, contribuir para o conforto térmico e isolar os ambientes, impedindo a entrada de vento e chuva (SOARES, 2009).

Quanto ao funcionamento da estrutura, enquanto os sistemas de Concreto Armado, aço e madeira possuem estruturas lineares e reticuladas (Figura 3 – a), a estrutura da Alvenaria Estrutural é laminar (Figura 3 – b). Neste caso, ela necessita de procedimentos de cálculo únicos, impossibilitando a utilização de grande parte das soluções com base em conhecimentos e procedimentos aplicáveis ao Concreto Armado (RICHTER, 2007).

Figura 3 - (a) Estrutura linear (reticulada); (b) Estrutura laminar.



Fonte: Richter, 2007.

Segundo Richter (2007), a Alvenaria Estrutural pode se subdividir nas seguintes categorias:

- a) **Alvenaria Estrutural não armada:** quando os reforços de aço (barras, fios e telas) ocorrem apenas por finalidades construtivas. As armaduras não são consideradas na absorção dos esforços, mas são importantes para dar ductilidade à estrutura e evitar ou diminuir a fissuração em pontos de concentração de tensões. Além disso, as armaduras podem colaborar para a segurança contra cargas não previsíveis, podendo impedir o colapso progressivo.
- b) **Alvenaria Estrutural armada:** quando a alvenaria é reforçada devido às exigências estruturais. Neste caso, a alvenaria possui armaduras colocadas em alguns vazados dos blocos devidamente envolvidas por Graute, para absorver os esforços calculados, além das armaduras construtivas e de amarração.

- c) **Alvenaria Estrutural parcialmente armada:** quando parte da estrutura tem paredes com armaduras para resistir aos esforços calculados, além das armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, sendo as paredes restantes consideradas não armadas.
- d) **Alvenaria Estrutural protendida:** esta forma de alvenaria é reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada), que submete a alvenaria a esforços de compressão (RICHTER, 2007 – pg. 9-10).

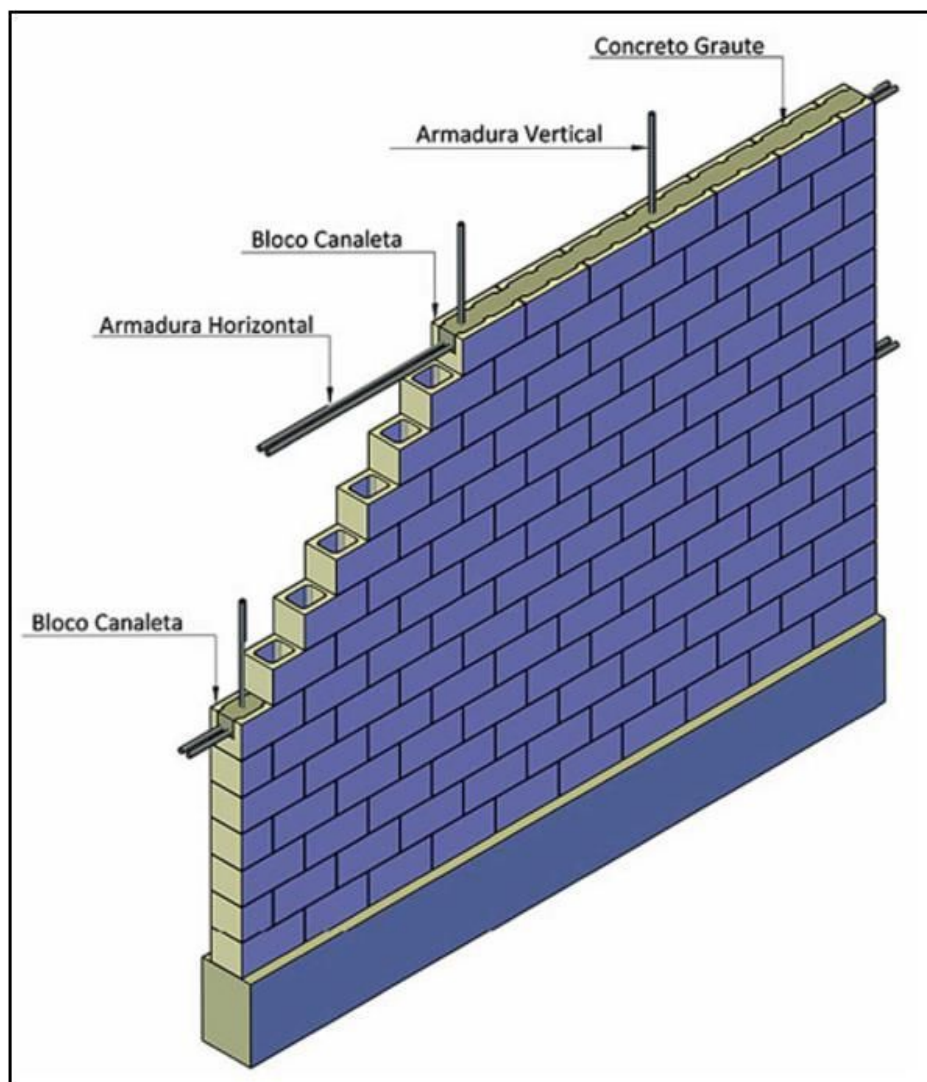
Como citado anteriormente, as paredes são elementos estruturais desse sistema construtivo. De acordo com Roman et al. (2015), elas podem ser definidas como: elementos laminares verticais apoiados em toda a sua base, de modo contínuo, com comprimento maior que 5 vezes a sua espessura. E, de acordo com a função estrutural que exercem, podem ser classificadas em:

- a) **Paredes de vedação:** são aquelas que resistem apenas ao próprio peso e têm função de separação de ambientes internos ou de fechamento externo. Não têm nenhuma responsabilidade estrutural.
- b) **Paredes estruturais:** têm a função de resistir todas as cargas verticais, de peso próprio e acidentais aplicadas sobre elas.
- c) **Paredes de contraventamento:** são as paredes estruturais projetadas para suportarem também às cargas horizontais, originadas especialmente pela ação dos ventos, paralelas ao seu plano.
- d) **Paredes enrijecedoras:** têm a função de enrijecerem as paredes estruturais contra a flambagem.
- e) **Pilares de Alvenaria:** são os elementos isolados que resistem a cargas de compressão e com largura menor que 4 vezes a espessura (ROMAN; ET AL, 2015 – pg. 4).

2.2.3. Concepção Estrutural

Para Ramalho e Corrêa (2003), os principais componentes da alvenaria estrutural são: blocos, argamassa, graute e armadura, conforme indicado na Figura 4. Os elementos funcionam de forma monolítica, distribuindo e transferindo as cargas recebidas até as fundações, que as destinam ao solo.

Figura 4 - Principais componentes da parede em Alvenaria Estrutural.

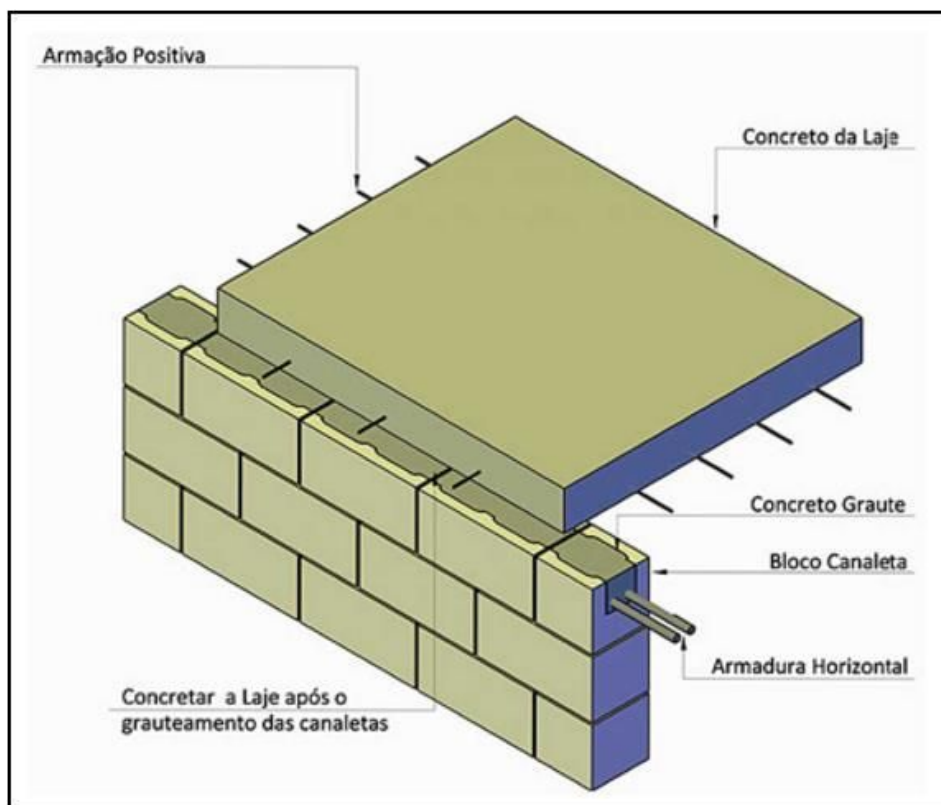


Fonte: Tauil e Nese, 2010.

De acordo com Sabbatini (2003), na escolha do tipo de laje para a Alvenaria Estrutural, deve-se considerar não apenas o desempenho da estrutura, como também os efeitos das suas deformações. Isso se deve porque nesse sistema as fissuras em lajes e paredes são inadmissíveis. Quanto as opções disponíveis, temos: lajes moldadas no local, parcialmente pré-fabricadas ou totalmente pré-fabricadas. Admitem-se ainda lajes mistas (com vigotas ou painéis treliçados e qualquer tipo usual de “caixão perdido” – blocos cerâmicos, de concreto de concreto celular, de poliestireno expandido); pré-lajes (inteiriças ou em painéis) ou lajes alveolares protendidas.

Segundo Tauil e Nese (2010), as lajes mais utilizadas para Alvenaria estrutural são do tipo: painel alveolar, treliçada mista com EPS, em painel treliçado, em steel deck, treliçada mista ou maciça bidirecional (Figura 5).

Figura 5 - Laje maciça bidirecional para Alvenaria Estrutural.

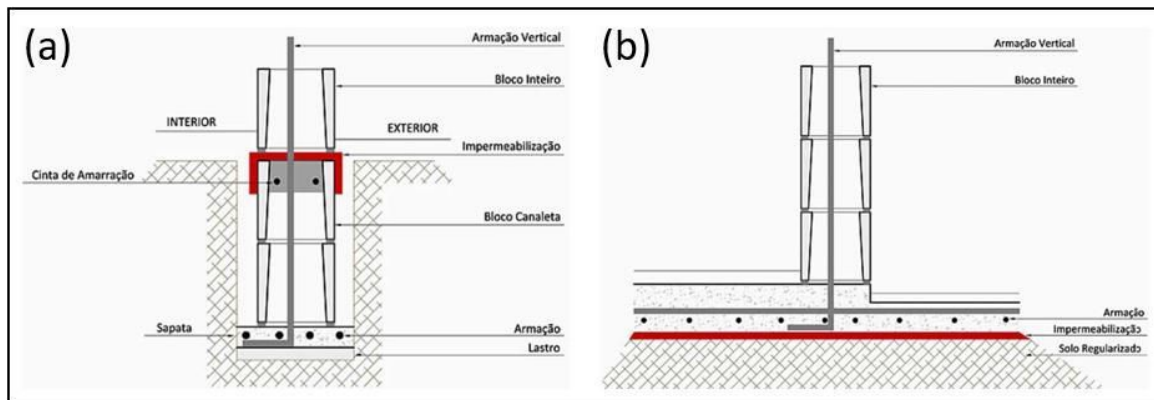


Fonte: Tauil e Nese, 2010.

Na Alvenaria Estrutural, a escolha e execução das fundações devem atender às condições impostas pelo solo. O cuidado deve ser maior do que nos demais sistemas construtivos, pois qualquer desvio com relação ao alinhamento das paredes implica em esforços adicionais, que podem vir a gerar patologias. Geralmente, os elementos de fundação são executados em Concreto Armado, e costumam apresentar pequenas variações dimensionais pós execução, que necessitam de correção antes do início do assentamento das alvenarias, afim de conservar o alinhamento futuro das paredes (MAZZER, 2012).

Segundo Tauil e Nese (2010) as fundações mais utilizadas no sistema construtivo em Alvenaria Estrutural são as fundações rasas do tipo radier e tipo sapata corrida, conforme indicado na Figura 6.

Figura 6 - (a) Fundação em sapata corrida; (b) Fundação em radier.



Fonte: Tauil e Nesse (2010).

2.2.4. Principais constituintes da Alvenaria Estrutural

Neste tópico, serão fornecidas algumas características das principais matérias primas que constituem a Alvenaria Estrutural.

2.2.4.1. Blocos

As unidades são um componente básico da alvenaria estrutural, são as responsáveis pelas características de resistência da estrutura. Podem ser compostos por materiais do tipo cerâmico, concreto ou sílico-calcário. No Brasil, costumam possuir cerca de 50% da sua área vazada, e as suas informações de tensão de cálculo geralmente são fornecidas considerando-se a área bruta (todo o bloco), sendo necessária, na maioria dos casos, a sua conversão para a área líquida (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Os blocos de concreto são produzidos pela mistura de agregado, cimento Portland, água e aditivos (quando necessário), e sua moldagem ocorre através de prensa vibratória. (FILHO, 2007). De acordo com a NBR 6136:2016, os blocos de concreto são divididos em 3 (três) classes: A, B e C, quanto ao seu uso, dimensões e resistência à compressão.

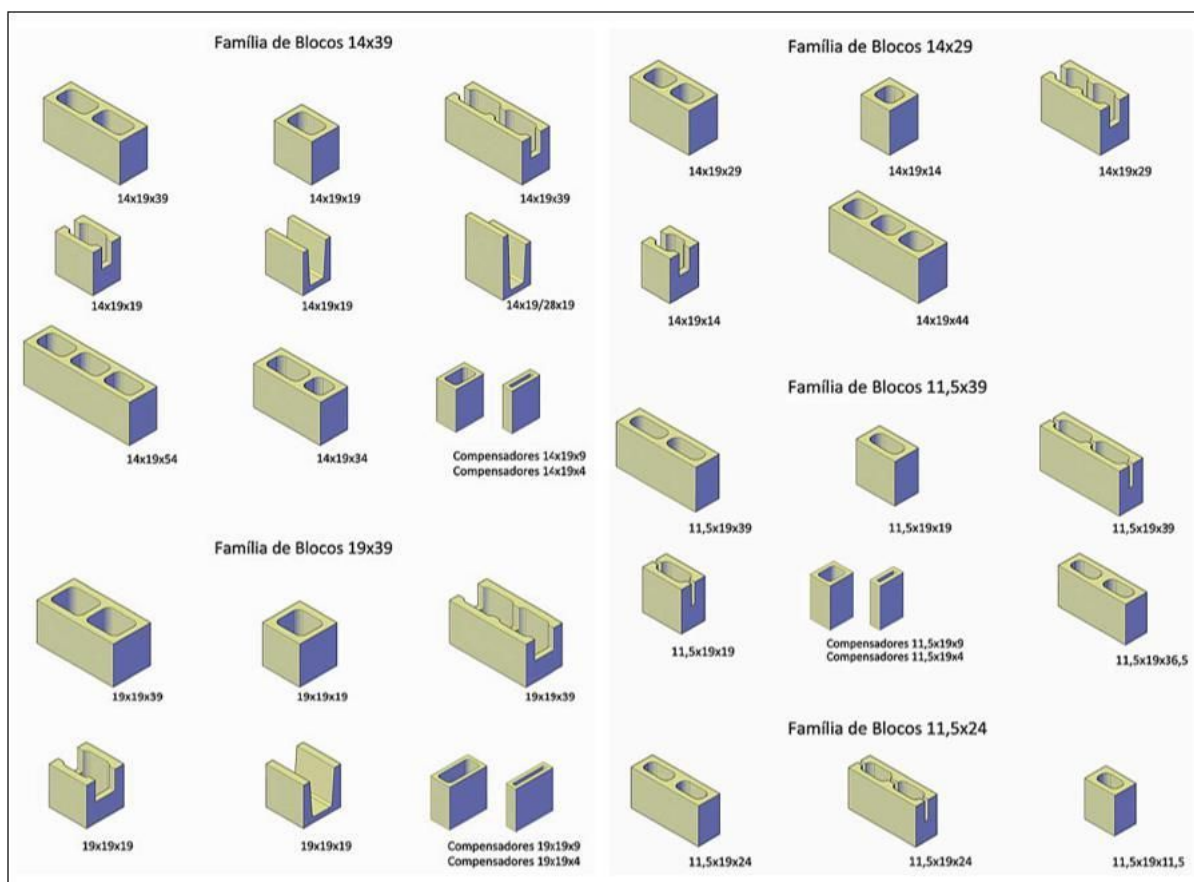
Tabela 4 - Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial (Mpa)
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$

Fonte: Adaptado de NBR 6136:2016.

De acordo com Soares (2009), as maiores empresas fabricam blocos que apresentam uma média de resistência à compressão de 12 a 15 Mpa, podendo atingir até 20 Mpa. Segundo Taui e Nesse (2010), os tipos de bloco de concreto estruturais utilizados no sistema construtivo são apresentados na Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Tipos de bloco de concreto estruturais.



Fonte: Taui e Nese (2010).

2.2.4.2. Argamassa

A argamassa de assentamento é composta tradicionalmente por: areia, cimento, cal, água e aditivos (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Ela é prioritariamente um adesivo que une as unidades de alvenaria e que serve para transferir esforços entre elas, bem como para acomodar pequenas deformações inerentes à própria alvenaria, além de resistir a pequenas deformações e evitar a entrada de vento e água nas edificações (PRUDÊNCIO; ET AL, 2002).

De acordo com Roman et al. (2015), embora as argamassas de assentamento possuam composição extremamente próxima ao do concreto, as mesmas possuem funções e empregos bastantes distintos. Basicamente, o concreto tem por objetivo final obter a maior resistência à compressão com o menor custo possível, enquanto as argamassas possuem o propósito principal de transferir as tensões de maneira uniforme entre os blocos e auxiliar no ajuste das irregularidades dos mesmos.

Além disso, como na maioria dos casos a argamassa de assentamento é aplicada sobre superfícies absorventes, outra de suas finalidades está em conceder maior aderência entre as unidades. Quando aplicada, ela fica exposta aos efeitos de evaporação, e, também, da sucção (perda de água da argamassa para as alvenarias). Dessa forma, no momento de sua confecção, deve-se acrescentar certa quantidade de água, afim de compensar os efeitos de perda acima citados. Tal cuidado é importante para que ocorra a correta hidratação do cimento da argamassa (PRUDÊNCIO; ET AL, 2002).

Segundo Roman et al. (2015), as principais propriedades da argamassa podem ser expostas da seguinte forma:

- a) **Trabalhabilidade:** nas argamassas de boa qualidade, é capacidade de aderir nas superfícies verticais dos blocos e se espalhar facilmente sobre eles. Ela depende de vários fatores, tais como: qualidade do agregado, quantidade de água utilizada, consistência, capacidade de retenção de água da argamassa, tempo de preparação, adesão, fluidez e a massa.
- b) **Retentividade de Água:** é a capacidade da argamassa reter água contra a sucção dos blocos. A boa argamassa deve ser capaz de aderir aos blocos de forma eficaz e hidratar completamente o cimento em sua composição.

- c) **Tempo de Endurecimento:** é a reação química entre o cimento e a água. A boa argamassa não deve endurecer muito rápido, pois isso causará problemas no assentamento dos blocos. E, também, não deve endurecer muito devagar, porque pode provocar o atraso na construção.
- d) **Aderência:** é a capacidade que a argamassa e o bloco possuem em absorver as tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a eles, sem se romperem.
- e) **Resistência à compressão:** a argamassa é considerada adequada quando é resistente o suficiente para suportar os esforços a que a parede está submetida, sem que possua resistência superior aos próprios blocos da parede onde ela será utilizada.

2.2.4.3. Graute

O graute é composto por um concreto fino (microconcreto), composto por cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm). Ele deve apresentar como característica alta fluidez, com o intuito de preencher adequadamente os vazios dos blocos onde serão lançados (CAMACHO, 2006).

Ademais, quando aplicado, ele é responsável por aumentar a área da seção transversal dos elementos, causando um aumento da resistência aos esforços de compressão da estrutura. E, também, auxilia para a formação de uma estrutura mais monolítica, possibilitando inclusive a inserção das armaduras, quando necessário (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.2.4.4. Armadura

As armaduras utilizadas no sistema construtivo de Alvenaria Estrutural são as mesmas utilizadas nas estruturas de Concreto Armado e estão sempre presentes na forma de armadura construtiva ou de cálculo (CAMACHO, 2006). Nesse sistema, as armaduras serão sempre envolvidas por graute, afim de garantir o trabalho conjunto de seus componentes (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

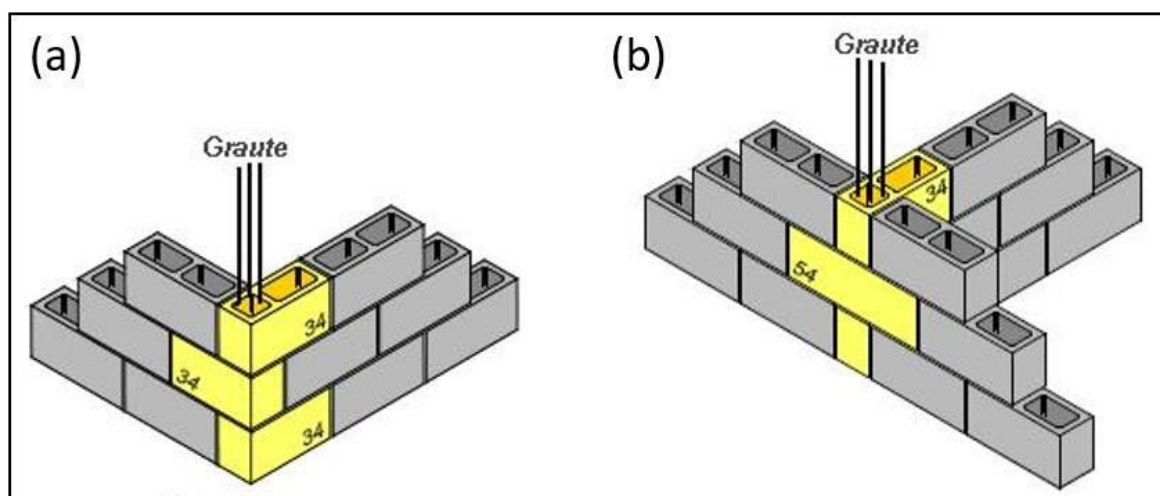
2.2.5. Modulação

Segundo Roman et al. (2015), a modulação ou coordenação modular é a base do sistema dimensional utilizado nos edifícios em Alvenaria Estrutural. A sua correta definição em projeto é responsável, dentre outras coisas, por acréscimos de produtividade e minimização dos cortes e enchimentos de blocos, que causariam perda de tempo, material e mão de obra. Para a obtenção desses resultados, a sua determinação deve estar de acordo com a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações.

Ainda de acordo com Roman et al. (2015), a modulação deve ocorrer tanto na vertical quanto na horizontal. Para obter a modulação horizontal, deve ser definido primeiramente o módulo básico (dimensão do bloco mais espessura de juntas) que será utilizado no projeto. As modulações mais utilizadas no Brasil são do tipo M-15 (dimensão do bloco mais espessura da junta igual a 15 cm), M-20 (dimensão do bloco mais espessura da junta igual a 20 cm), ou múltiplos destes módulos.

Durante a execução da modulação, o projetista deve-se ater que as juntas de prumo no arranjo das fiadas devem ser evitadas, pois dessa forma ocorrerá o melhor travamento da estrutura. Além disso, os blocos devem ser posicionados corretamente em bordas e cantos (Figura 8), com o intuito de se obter uma amarração mais adequada da estrutura (THOMAZ; ET AL, 2009).

Figura 8 – (a) Amarração de parede em “L”; (b) Amarração de parede em “T”.



Fonte: Campos (2017).

E para a elaboração da modulação vertical, basta que o projetista ajuste a distância de piso a teto para que seja um múltiplo do módulo vertical, adotando-se normalmente o valor de 20 centímetros. Vale ressaltar, que a adoção do módulo vertical não costuma ocasionar problemas para a compatibilização de projetos e não influencia diretamente na adoção do módulo horizontal (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.2.6. Dimensionamento

Para Silva (2011), a obtenção das cargas atuantes na edificação para o dimensionamento acontece de duas maneiras distintas. O primeiro método considera as paredes como elementos independentes, em que cada parede é responsável, única e exclusivamente, pelo seu peso próprio e pelas cargas permanentes e acidentais transmitidas pelas lajes que nela se apoiam, não interagindo com outros elementos. Já para o segundo método, obtém-se as cargas através de conjuntos de paredes, formados, neste caso, por uma ou mais paredes que interagem entre si de forma solidária. Não há uma regulamentação que indique como determinar o grupo, mas geralmente limita-se um grupo de paredes pelas aberturas de portas e janelas.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), em edifícios de alvenaria estrutural que se destinam a fins residenciais, as principais cargas a serem consideradas nas paredes são as reações da laje e o peso próprio da parede (pp). O pp utilizado no cálculo das cargas verticais pode ser representado pela seguinte equação:

$$pp = e * \gamma * hef \quad (1)$$

No qual:

Pp - peso próprio da alvenaria;

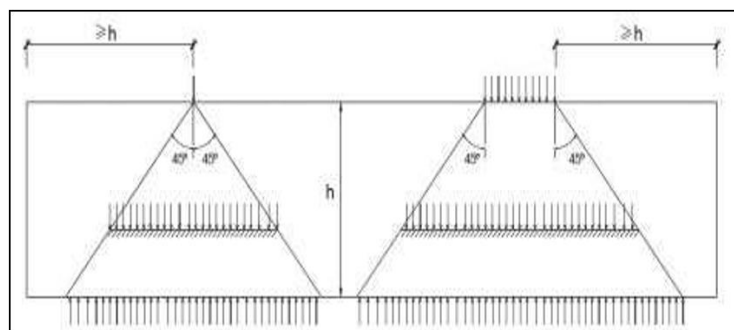
γ - peso específico da alvenaria;

e - espessura da alvenaria (bloco + revestimento);

hef - altura efetiva da alvenaria.

A ABNT NBR 15961-1 (2011) define que, no sistema, a dispersão das ações verticais se dará seguindo uma inclinação de 45° (Figura 9) em relação ao plano horizontal.

Figura 9 - Distribuição das cargas verticais



Fonte: ABNT NBR 15961:2011.

2.2.6.1. Compressão simples

O dimensionamento a compressão simples é o mais importante parâmetro de cálculo para alvenaria estrutural, visto a notória função desempenhada pelas paredes neste sistema. Na prática é o único cálculo necessário em edificações de pequeno porte, excluído até mesmo a verificação de vergas sobre aberturas com vãos convencionais, adotando neste caso apenas armaduras construtivas (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Parsekian et al. (2012) expõem para o cálculo da resistência compressão simples a seguinte equação:

$$\frac{\gamma_f * N_k}{A} \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ parede} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} * \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \left[1 - \frac{h_{ef}}{40 t_{ef}} \right] \quad (2)$$

No qual:

γ_f e γ_m - coeficientes de ponderação das ações e das resistências;

N_k - força normal característica;

A - é a altura efetiva da alvenaria;

f_{pk} - resistência característica de compressão simples;

t_{ef} e h_{ef} - espessura e altura efetiva.

A partir dos resultados obtidos no cálculo da resistência de compressão simples do prisma (f_{pk}), o cálculo da resistência dos blocos (f_{bk}) pode ser efetuado. De acordo com Parsekian et al. (2012) a relação entre f_{pk} e f_{bk} para blocos de concreto de

alvenaria estrutural não armada com espessura de 14 cm pode ser calculada conforme a equação 3 abaixo:

$$\frac{f_{pk}}{f_{bk}} = 0,8 \quad (3)$$

2.2.6.2. Flexão simples

A flexão simples é a mais comumente utilizada após a compressão, isso se deve a sua utilização no dimensionamento de vigas, vergas, muros de arrimo e paredes de reservatório, onde o comportamento é predominantemente de flexão (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Para Parsekian et al. (2012) a armadura destinada para a flexão simples pode ser obtida das seguintes equações:

$$MRd = A_s * f_{sd} * z; \text{ em que } f_{sd} \leq 50\% f_{yd} \quad (4)$$

$$A_{s, \min} = 0,10\% * d * b \quad (5)$$

No qual:

MRd – momento resistente de cálculo;

A_s - armadura passiva;

f_{sd} – Resumo de materiais da alvenaria estrutural;

z – braço de alavanca;

A_{s, min} - armadura passiva mínima;

b – largura do bloco;

d – altura útil do bloco.

2.2.6.3. Cisalhamento

O cisalhamento é normalmente verificado em conjuntos com solicitação de momento fletor para vergas, vigas ou paredes com participação no contraventamento. A verificação pode também ser feita em paredes de arrimo ou de reservatório, porém é pouco usual devido estes elementos estarem trabalhando na direção de maior inércia (RAMALHO; CORRÊA, 2003). A verificação ao cisalhamento, segundo Parsekian et al. (2012) é representado pela equação:

$$\frac{V_k * \gamma_f}{b * d} \leq \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (6)$$

No qual:

γ_f e γ_m - coeficientes de ponderação das ações e das resistências;

f_{vk} – resistência característica ao cisalhamento;

b – largura do bloco;

d – altura útil do bloco.

2.2.7. Vantagens e desvantagens

De acordo com Camacho (2006), os principais aspectos positivos da Alvenaria Estrutural são:

- a) Redução dos custos: ocorre devido as técnicas de projeto e execução utilizadas.
- b) Menor diversidade de materiais empregados: em razão da boa qualidade dos blocos, há a redução dos revestimentos utilizados, o que reduz o número de subempreitadas da obra.
- c) Redução da diversidade de mão de obra especializada: a mão de obra especializada é utilizada apenas na execução da alvenaria, dispensando armadores e carpinteiros.
- d) Maior rapidez de execução: devido a simplificação das técnicas construtivas.
- e) Robustez estrutural: em razão da própria característica estrutural do sistema construtivo, resultando na maior resistência à danos patológicos.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os principais aspectos negativos da Alvenaria Estrutural são:

- a) Dificuldade de se adaptar arquitetura para um novo uso: em razão das paredes fazerem parte da estrutura, o que de fato é um aspecto bastante negativo, pois impossibilita adaptações significativas das edificações.
- b) Interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações: o

número de interferências em uma obra de Alvenaria Estrutural é bastante grande.

- c) Necessidade de mão de obra bem qualificada: devido a utilização de instrumentos adequados e treinamento para o sistema construtivo.

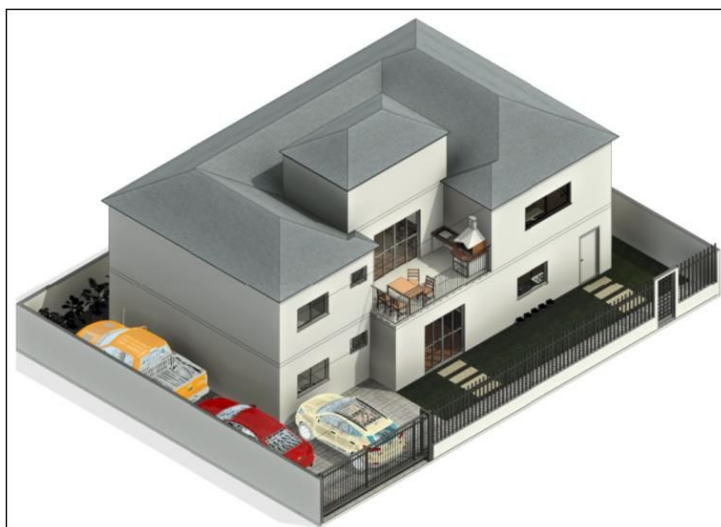
3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a residência unifamiliar proposta para o desenvolvimento do estudo, bem como os processos de dimensionamento e quantificação de cada sistema construtivo. Serão expostos, também, os critérios utilizados para determinação da análise e comparativo de custo entre os sistemas.

3.1. Apresentação do edifício-padrão e análise do projeto

O projeto utilizado como base para este estudo comparativo é uma residência unifamiliar composta por dois pavimentos. De início, ele foi idealizado exclusivamente para o sistema construtivo em Concreto Armado, porém, para o presente estudo, ele recebeu modificações para se adequar também ao sistema em Alvenaria Estrutural. De modo geral, as alterações realizadas consistiram em deixar o projeto com formato mais quadrado, os ambientes modulados e a sua execução prevista com a utilização da família 39, com dimensão predominante de 14x19x39 cm para os blocos estruturais de concreto do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural. No caso do sistema em Concreto Armado, estas modificações de fato tornaram a execução mais fácil, porém, vale ressaltar que só foram necessárias por causa das limitações do sistema em Alvenaria Estrutural. O projeto em questão é apresentado no Apêndice A, e possui aparência final conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Apresentação do projeto 3D.



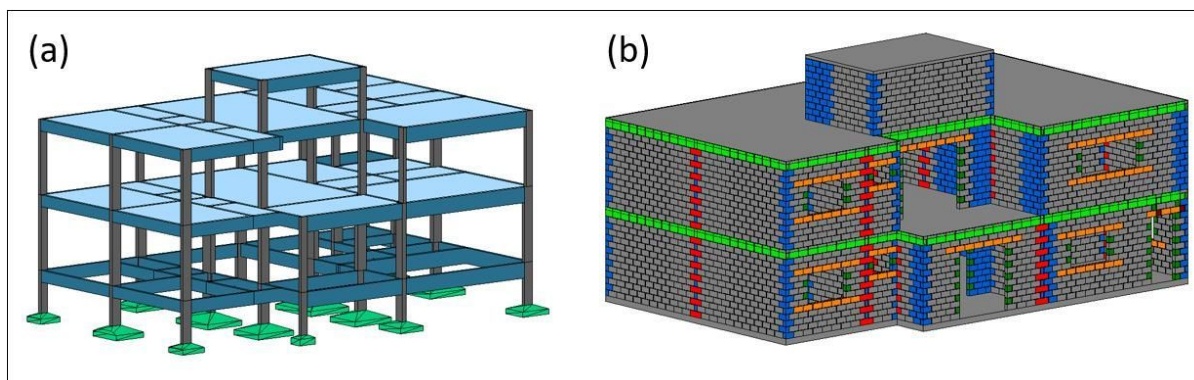
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A residência apresenta área total construída igual a 297,38 m² somando-se todos os pavimentos, e um terreno de 326,65 m², localizado no bairro do Córrego Grande, na cidade de Florianópolis/SC. Para as planilhas de custos, o terreno será analisado como limpo, nivelado e pronto para construção, ou seja, os serviços preliminares de limpeza e terraplanagem não foram levados em consideração.

De acordo com o relatório de sondagem SPT (Standard Penetration Test) apresentado no Anexo A, o tipo de solo presente no terreno pode ser avaliado como: solo de predominância argilosa de cor variegada (cores distintas), com presença de pedregulhos e consistência média a rija. O SPT tem o objetivo de caracterizar as camadas que constituem o solo do terreno, suas resistências, nível de lençol freático, e outras características que tornaram possível o dimensionamento e escolha da fundação de forma mais adequada.

Abaixo, são apresentados os modelos 3D do projeto em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural (Figura 11), que constam também nos Apêndices B e C, respectivamente.

Figura 11 - Projetos da Estrutura 3D - (a) Concreto Armado; (b) Alvenaria Estrutural.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para o sistema construtivo em Concreto Armado, no pavimento térreo não houve dimensionamento das lajes devido aos carregamentos serem absorvidos diretamente pelas vigas baldrame e fundações. Para tanto, foi considerado apenas a aplicação de um contrapiso com concreto preparo mecânico em betoneira. No caso do pavimento térreo do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural, a fundação do tipo radier já desempenha estas funções. Dessa forma, as lajes maciças calculadas para o CA não sofreram alteração quando utilizadas na AE.

3.2. Levantamento de custos dos dois sistemas estruturais

Para o levantamento de custo de materiais e mão de obra, foram desconsideradas as etapas executivas de: hidráulica, elétrica, acabamento, portas, esquadrias, forro, etc. Além disso, com o propósito de padronizar os projetos, as lajes serão maciças, no entanto, vale ressaltar que o projeto permitiria também outros tipos de laje para ambos os sistemas, como a treliçada. Quanto as fundações, para o sistema em Concreto Armado a fundação escolhida foi a fundação rasa do tipo sapata isolada, e para a Alvenaria Estrutural foi a fundação do tipo radier.

Para o sistema construtivo em Concreto Armado, foi utilizado o levantamento automático dos quantitativos gerados pelo software Eberick 2022, sendo necessária a complementação com informações não fornecidas pelo mesmo. Já para a Alvenaria Estrutural, os quantitativos da obra foram realizados de forma analítica, com o preenchimento das informações em planilha eletrônica, de acordo com os dados fornecidos no projeto do sistema construtivo.

Como base para os custos de material e mão de obra da construção do edifício unifamiliar, foi utilizada a tabela SINAPI/SC, tanto para o sistema construtivo em Concreto Armado, como para o sistema construtivo em Alvenaria Estrutural. Dessa forma, conforme citado anteriormente, as planilhas de orçamento dos dois sistemas construtivos foram elaboradas conforme os valores tabelados da região em que se encontra o presente projeto.

Além disso, a fim de se aproximar os valores obtidos ao preço final real dos custos da estrutura da edificação em estudo nos dois sistemas construtivos, os valores encontrados das composições foram acrescidos pelo índice de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), que são os valores não relacionados a materiais e mão de obra.

3.3. Dimensionamento em Concreto Armado

O dimensionamento do projeto estrutural em Concreto Armado, ocorreu com a utilização do software Eberick 2022 e de acordo com as normas NBR 6118:2014, NBR 6120:2019 e NBR 6122:2019. Os coeficientes e valores necessários para o cálculo dentro do programa foram conferidos e modificados de acordo com as especificações regionais, como indicado em norma.

O lançamento da estrutura no software ocorreu com base no projeto arquitetônico. Foram inseridos os pilares, vigas, lajes e fundação no programa. Após o processamento prévio da estrutura, serão realizadas análises, e, conforme a necessidade, serão realizadas alterações com o objetivo de obter-se uma melhor solução estrutural.

3.3.1 Lançamento da estrutura

De acordo com o item 6.4 da NBR 6118:2014, como o terreno do projeto em estudo encontra-se situado na cidade de Florianópolis/SC, e é caracterizado como um ambiente urbano, a classe de agressividade ambiental a ser utilizada é a do tipo II - moderada. Além disso, como apresentado no item 7.4.2 da norma citada, o concreto utilizado para o dimensionamento deve ser da classe C25, com $f_{ck} = 25$ MPa, ou superior. Dessa forma, foi determinado que todo projeto será dimensionado com concreto de classe C30.

O lançamento da estrutura no software Eberick 2022 precedeu de estudo preliminar (concepção estrutural), no qual foram determinadas as dimensões aproximadas de pilares, vigas, lajes e sapatas. A partir desse estudo, o lançamento no software foi realizado, e algumas das dimensões encontradas no pré-dimensionamento foram aumentadas durante o lançamento.

3.3.1.1. Pilares

Os pilares foram lançados com base no projeto arquitetônico, foram respeitadas as continuidades entre os pavimentos e embutidos nas paredes, sempre que possível. Quanto as dimensões, foram definidas de acordo com a NBR 6118:2014. Dentre os condicionantes da norma, tem-se no item 13.2.3 que a área mínima a ser respeitada é de 360 cm^2 para pilares e pilares-parede.

3.3.1.2. Vigas

As vigas foram lançadas de forma que todas as paredes possam ser apoiadas em sua estrutura, formando-se pórticos e impedindo as cargas de paredes nas lajes. Quanto as dimensões, a largura foi definida com base do projeto arquitetônico. Já a altura, deve-se considerar o pé direito mínimo exigido pelo código de obras (Lei nº 278, 2007) do Município de Florianópolis/SC. Segundo a lei, apresentado no Art. 2º, o pé direito mínimo para banheiros, cozinha e área de serviço é de 2,20 m e para as demais áreas é de 2,40 m.

3.3.1.3. Lajes

As lajes utilizadas foram as maciças, em toda a edificação. O lançamento das cargas acidentais e permanentes estão de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 6120:2019. O dimensionamento das lajes no Eberick 2022 ocorreu por analogia de grelha.

3.3.1.4. Vergas e Contravergas

Para as vergas e contravergas utilizadas no sistema em Concreto Armado optou-se pelo tipo moldado in loco, e foi considerada a solução construtiva padrão do SINAPI 11.2021 – não desonerado. Dessa forma, utilizou-se concreto com $f_{ck} = 20$ Mpa e traço 1:2,7:3 (massa seca de cimento / areia média / brita 1).

3.3.1.5. Fundações

De acordo com o perfil de sondagem do solo com SPT (Anexo A), a fundação escolhida para o sistema construtivo em Concreto Armado foi: fundação rasa do tipo sapata isolada. O cálculo da tensão admissível do solo se deu a partir do Método de Terzaghi, com adoção das sapatas a 2 metros de profundidade. Quanto as dimensões, as proporções entre pilares e sapatas foram obedecidas, e, de acordo com o item 7.7.1 da NBR 6122:2019, a só foram admitidas sapatas com dimensões superiores a 60 cm. Quanto ao dimensionamento, o mesmo ocorreu com o auxílio do software Eberick 2022.

3.3.1.6. Revestimentos

Para o sistema construtivo em Concreto Armado, foi considerado a aplicação interna e externa das alvenarias e estruturas com chapisco e emboço. Para ambas foi adotada a opção padrão com preparo em betoneira e aplicação manual com colher de pedreiro. Dessa forma, para o chapisco foi considerado o traço 1:3 (cimento / areia) e para o emboço traço de 1:2:8 (cimento / cal / areia média úmida) com espessura de 2,5 cm.

3.3.2. Configurações analíticas no dimensionamento

O dimensionamento da estrutura no software Eberick 2022 se deu através de pórticos espaciais que, em suma, realiza o travamento da estrutura aos esforços horizontais e resiste aos esforços verticais. O processo de cálculo utilizado para os pilares foi da rigidez aproximada, enquanto que para as armaduras transversais das vigas adotou-se o modelo I de cálculo (modelo clássico). Na análise da não linearidade geométrica utilizou-se o processo P-delta para determinar o coeficiente Gama-Z e, em consequência, o comportamento da estrutura.

Fornecidos os resultados da primeira análise, constataram-se valores de deslocamentos horizontais e Gama-Z acima dos limites impostos pelo programa. Para tanto, realizaram-se alterações de posicionamento e dimensão dos pilares e vigas, aumentando suas seções de forma a travar a estrutura e reduzir o deslocamento.

3.4. Dimensionamento em Alvenaria Estrutural

O dimensionamento do projeto de Alvenaria Estrutural ocorreu de acordo com as especificações descritas na NBR 6120:2019, NBR 6122:2019 e NBR 16868-1:2020. Quanto aos materiais escolhidos e peso específico que foram utilizados no estudo, temos: bloco de concreto vazado ($\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$), argamassa de cimento, cal e areia ($\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$), graute ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$).

Para as cargas de peso próprio do bloco de concreto e argamassa de assentamento, foram consideradas as dimensões características do bloco, juntamente com a espessura da argamassa. Os valores para cálculo de paredes foram divididos em: paredes sem abertura e paredes com abertura de 1 ou 2 metros (janelas e portas). E, ainda, foi considerado que metade dos blocos de concreto estão grauteados, com o intuito de trabalhar a favor da segurança.

As cargas das lajes maciças foram as mesmas encontradas no dimensionamento do sistema construtivo em Concreto Armado, e foram obtidas com a utilização do Software Eberick 2022. A partir dessas cargas verticais adicionais transferidas para as paredes, foi definido o carregamento final que estas necessitam resistir, e a partir disso, foi possível definir a resistência dos blocos de concreto utilizados no projeto.

Por fim, vale ressaltar que a adoção dos resultados das lajes maciças para o orçamento no sistema em Alvenaria Estrutural é apenas um facilitador para o estudo. Na prática, os resultados seriam levemente diferentes, pois o cálculo destas lajes no software Eberick foram realizados pelo método das grelhas, ou seja, a rigidez dos elementos que compõem a estrutura afetam na distribuição dos esforços. Dessa forma, como a Alvenaria Estrutural possui estrutura com rigidez consideravelmente maior que a estrutura em Concreto Armado haveriam pequenas mudanças nos resultados, entretanto, como acredita-se que as alterações seriam pequenas para este tipo de laje, estas condições serão desconsideradas para o presente estudo.

3.4.1. Resistência característica dos blocos

O bloco padrão utilizado neste estudo é o bloco estrutural de concreto da família 39, com dimensão de 14x19x39 cm. Para a determinação da resistência característica dos blocos, as paredes do edifício unifamiliar serão calculadas de forma independente. Os cálculos foram iniciados do pavimento térreo para o segundo pavimento e cobertura caixa d'água, e foram finalizados com a obtenção dos resultados finais obtidos no pavimento portante inferior.

A execução dos blocos de concreto em projeto foi considerada com espalhamento da argamassa de assentamento nos dois cordões laterais dos blocos. Dessa forma, seguindo as orientações do item 6.2.2.3 da NBR 16868-1:2020, deve-se agir a favor

da segurança e considerar uma diminuição de 20% na resistência característica à compressão simples do bloco.

A Tabela 5 apresenta os valores das cargas consideradas e da resistência característica dos blocos de cada parede.

Tabela 5 - Resistência característica dos blocos.

PAREDES	CARGA TOTAL (KN/m)	BLOCO (Mpa)
1	32,26	1,99
2	35,97	2,14
3	30,62	1,92
4	39,88	2,31
5	39,43	2,29
6	30,62	1,92
7	47,17	2,62
8	60,69	3,19
9	30,86	1,93
10	34,11	2,06
11	35,23	2,11
12	41,28	2,37
13	41,28	2,37
14	50,07	2,74
15	56,33	3,00
16	40,24	2,32
17	32,89	2,01
18	30,31	1,90

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As cargas resultantes da soma entre peso próprio da alvenaria e reação das lajes foram utilizadas através da equação da compressão simples (equação 2 e 3), assim, se determinou o valor mínimo de resistência característica dos blocos utilizados em cada parede isolada, conforme mostra Tabela 5. Para tanto, como forma de padronizar a resistência do bloco, optou-se por utilizar a parede com o maior valor de carregamento vertical, atendendo desta forma todos os demais grupos com certo limite de folga. Dessa forma, a resistência do bloco utilizado no projeto foi a de 4,5 MPa.

3.4.2. Vergas e Contravergas

As vergas e contravergas utilizadas nas aberturas de portas e janelas foram executadas com blocos do tipo canaleta, grauteados e contendo armadura de acordo com o cálculo de flexão simples (equação 4), respeitando-se o valor de armadura mínima (equação 5). As armaduras foram determinadas de acordo com a maior abertura presente em projeto, e o apoio lateral foi de no mínimo $d/10$ ou de 10 cm (escolher o maior, onde “d” é o comprimento da janela), com o intuito de padronizar e garantir a segurança em todo o projeto.

Depois de feita a determinação da armadura a ser utilizada nas vergas e contravergas, verificou-se a resistência dos elementos ao cisalhamento através da equação 6, determinando se é necessário ou não a utilização de armadura adicional para suporte das forças cortantes.

No grauteamento, foi considerada a solução padrão do SINAPI 11.2021 – não desonerado, com $f_{gk} = 20$ MPa e traço 1:0,04:1,8:2,1 (massa seca de cimento / cal / areia grossa / brita 0).

3.4.3. Fundação

De acordo com o perfil de sondagem do solo com SPT (Anexo A), em análise preliminar, as fundações rasas do tipo sapata corrida e tipo radier atendem bem os requisitos para esse terreno e sistema construtivo. Para se determinar a tensão admissível do solo, foi utilizado o Método de Terzaghi. Com base no valor obtido, de início, a fundação escolhida para o estudo foi a fundação do tipo radier, pela maior segurança que esta estrutura entrega, mas conforme já mencionado, vale ressaltar que outros tipos de fundação como a própria sapata corrida poderiam diminuir os custos, caso estas também tivessem o seu dimensionamento avaliado no estudo.

Quanto ao dimensionamento da fundação do tipo radier, ele ocorreu de acordo com a NBR 6122:2019 e contou com a utilização do software Eberick 2022. Como resultado, o radier utilizado para este projeto conta com uma espessura de 15 cm de concreto e uma armadura que totaliza em 1.796,96 Kg de aço combinado com barras de 6,3 mm e 8,0 mm. A taxa de armadura para essa fundação foi de 81,70 Kg/m³.

3.4.4. Revestimentos

Para o sistema construtivo em Concreto Armado, foi considerado a aplicação interna e externa dos blocos de concreto com emboço. Foi adotada a opção padrão com preparo em betoneira e aplicação manual. Dessa forma, para o emboço foi utilizado o traço de 1:2:8 (cimento / cal / areia média úmida) com espessura de 1,0 cm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

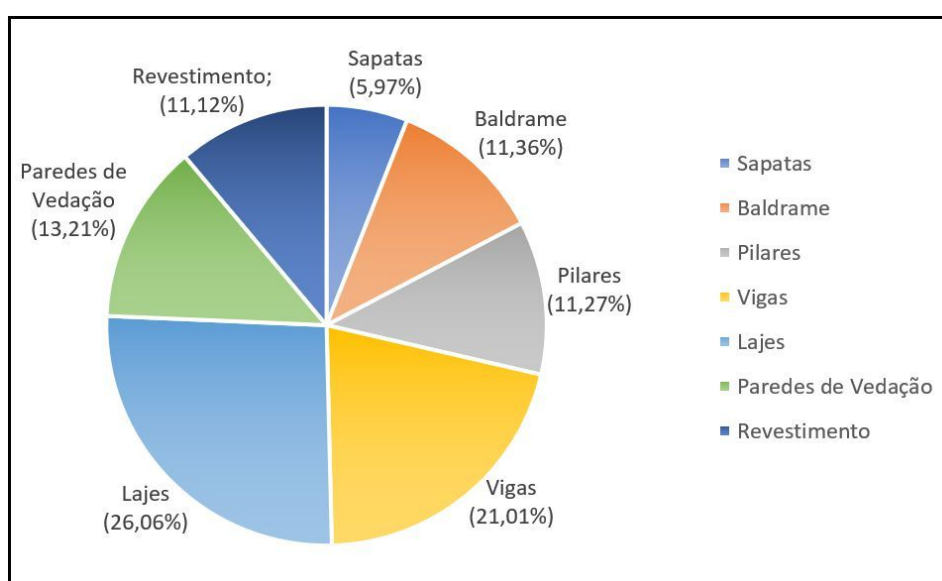
Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos partindo do dimensionamento e levantamento dos quantitativos e custos dos sistemas em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural.

4.1. Concreto Armado

Após processamento da estrutura no software Eberick 2022, percebeu-se que o valor de Gama-Z ficou abaixo do limite imposto pelo programa, o que caracteriza a estrutura como de nós fixos, permitindo desprezar os efeitos de 2ª ordem globais. Os valores de deslocamento horizontal limite também foram respeitados no processamento final, evitando desta forma flechas excessivas nos elementos solicitados.

Uma vez realizado o dimensionamento, cujos resultados são apresentados no Apêndice B, foi possível obter através do programa, o resumo de materiais, essencial para o levantamento dos quantitativos e custos do sistema. Para a análise econômica, adicionou-se de forma analítica os elementos restantes, que não são gerados pelo programa estrutural, conforme consta na planilha orçamentária do Apêndice D.

Figura 12 - Influência de cada etapa no preço global do Concreto Armado.

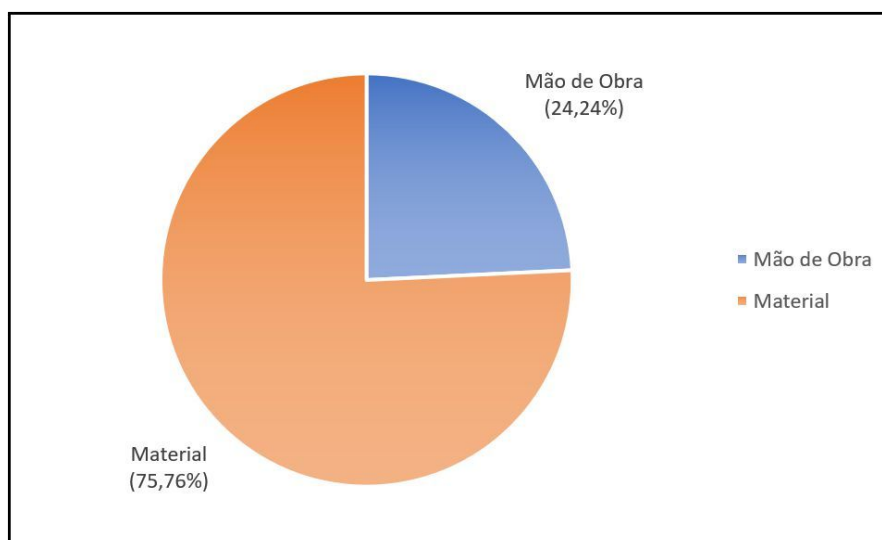


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Através da planilha orçamentária do sistema construtivo em Concreto Armado (Apêndice D), é possível observar um custo total de R\$ 422.881,67. Para tanto, nota-se que os elementos de fechamento e revestimento representaram um percentual de apenas 24,33% do valor total, enquanto que os elementos da infra e superestrutura, distribuem-se analogamente entre o restante dos custos (76,67%), conforme o gráfico da Figura 12.

No estudo em questão, abordou-se, ainda, a relação comparativa de valores gastos em mão de obra e materiais frente ao custo total da obra, sendo possível observar uma diferença de 51,52% entre eles, conforme demonstrado no gráfico da Figura 13. Do valor total levantado, R\$ 320.360,07 refere-se a mão de obra enquanto que R\$ 102.521,60 representam os custos com material.

Figura 13 - Relação mão de obra x material do Concreto Armado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2. Alvenaria Estrutural

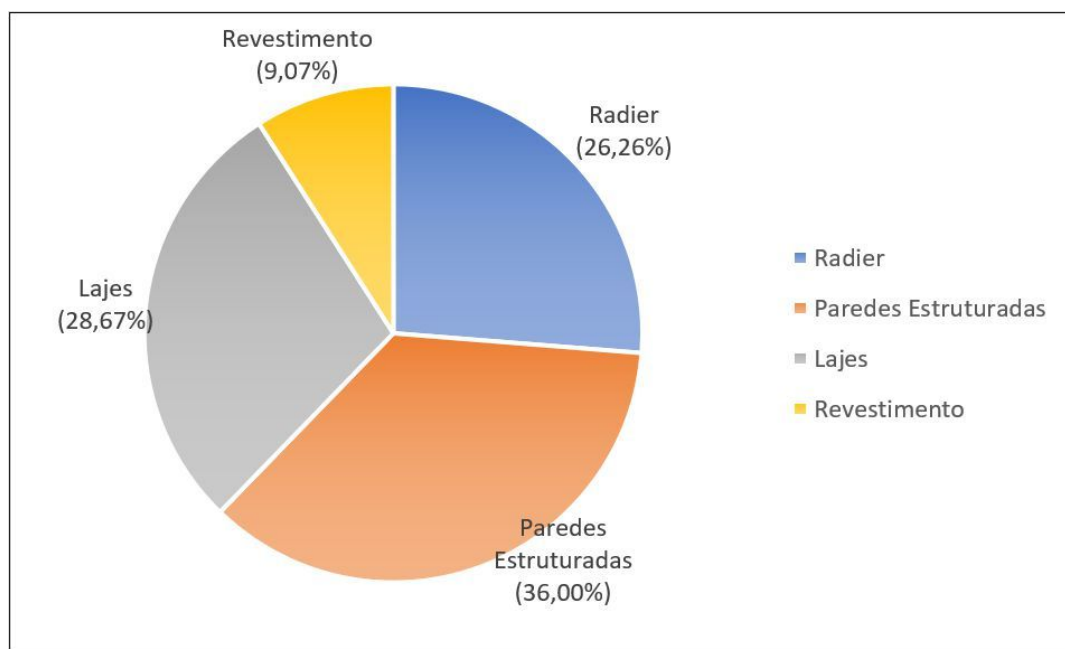
Considerando os valores máximos encontrados de resistência à compressão dos blocos e prescrição das normas regulamentadoras, utilizou-se para o dimensionamento e levantamento dos quantitativos e custos, blocos de classe B com resistência característica de 4,5 MPa em toda a edificação, visto sua disponibilidade na tabela SINAPI 11.2021 – não desonerado e atendimento aos requisitos mínimos normativos.

Através do cálculo da flexão simples para vergas e contravergas, determinou-se a utilização do aço CA50 de 10 mm de diâmetro, estando este dimensionado de forma a atender seguramente todos os elementos com este tipo de solicitação. Como forma de padronização, optou-se também pela utilização da barra de 10 mm para as cintas de respaldo, amarração da alvenaria e para os pontos de grauteamento.

Considerou-se para as lajes do sistema em alvenaria estrutural os mesmos valores do dimensionamento do concreto armado, salvo para laje do pavimento térreo, que neste caso, foi substituída pela utilização do radier. Os demais itens necessários para o levantamento dos custos foram obtidos de forma analítica conforme o proposto para o estudo, conforme apresentados na planilha orçamentária do Apêndice E.

Assim, o valor total da obra para o sistema construtivo em Alvenaria Estrutural ficou em R\$ 275.331,34. É possível observar na planilha orçamentária uma maior porcentagem de gastos no sistema com as paredes estruturadas, representadas, neste caso, pelos blocos estruturais e seus elementos adicionais (graute e armação), conforme gráfico da Figura 14.

Figura 14 - Influência de cada etapa no preço global da Alvenaria Estrutural.

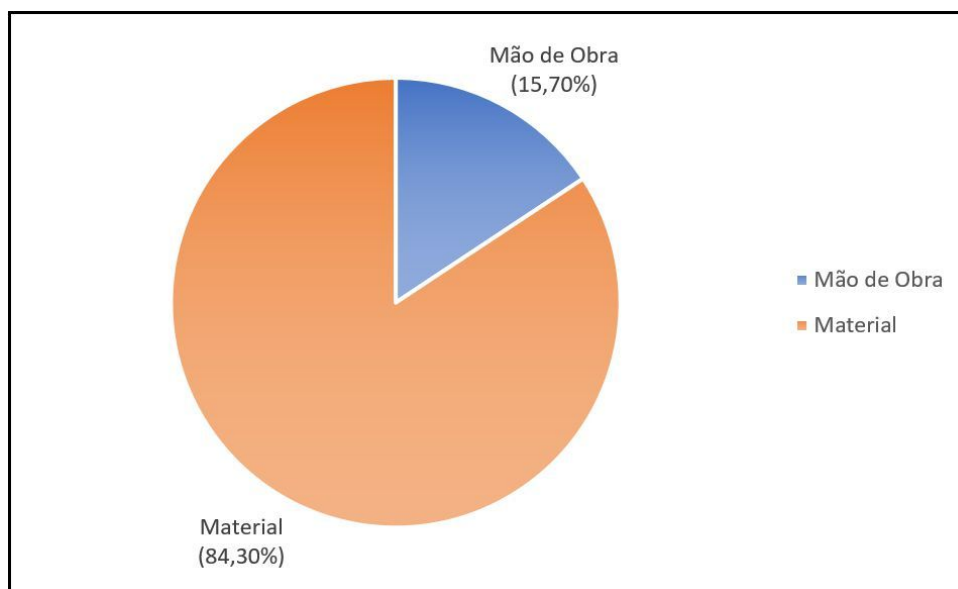


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Do valor total da obra, tem-se R\$ 43.223,01 referente à mão de obra e R\$ 232.098,33 representando os gastos com material. Para tanto, no gráfico da Figura

15 é possível observar a influência que cada valor tem sobre o custo total, notando-se uma diferença de 68,60% entre os dados apresentados.

Figura 15 - Relação mão de obra x material da Alvenaria Estrutural.



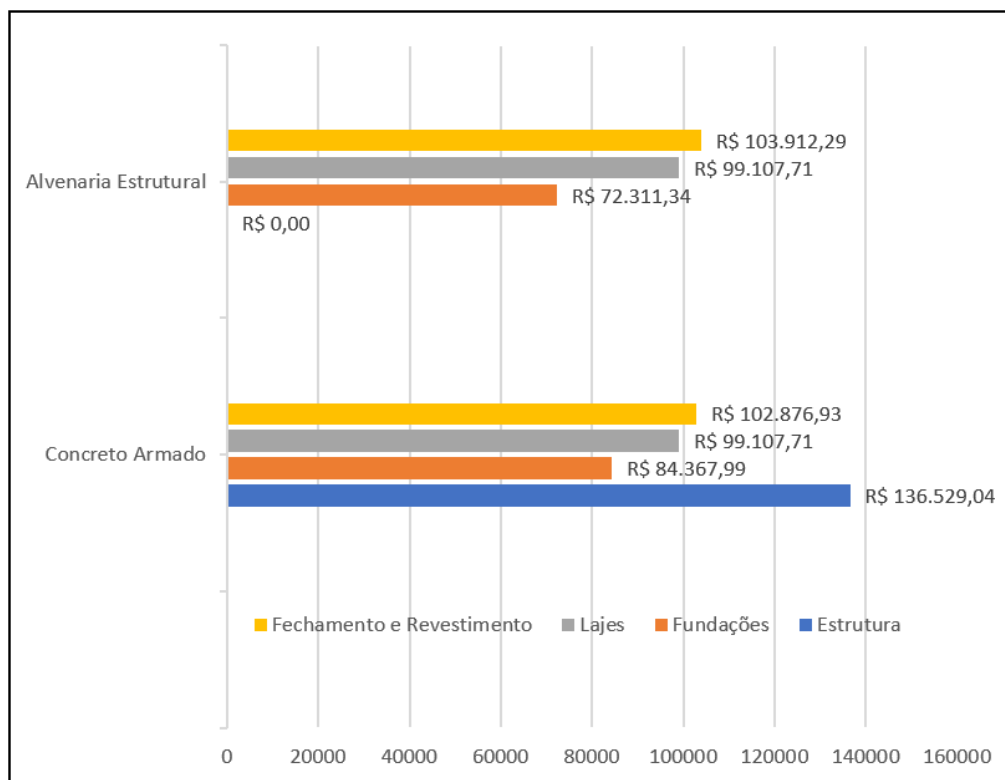
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.4. Comparativos de custos entre os sistemas estruturais

Com a orçamentação dos dois métodos construtivos, foi possível realizar uma análise comparativa dos custos de execução entre os sistemas, comparando-se os elementos com similar função e/ou finalidade, conforme demonstrado no gráfico da Figura 16.

Para a elaboração desse gráfico, os valores da fundação rasa do tipo sapata isolada e das vigas baldrame do sistema construtivo em Concreto Armado foram comparados com a fundação do tipo radier. As lajes foram as mesmas para ambos os sistemas construtivos. O fechamento e revestimento para o Concreto Armado foram os valores dos blocos de vedação não estrutural com revestimento (chapisco e emboço) e para a Alvenaria Estrutural foram os blocos estruturais em concreto armado com revestimento (apenas emboço). E por fim, a estrutura para o Concreto Armado é referente aos valores de pilares e vigas, enquanto para a Alvenaria Estrutural, esse valor já foi contabilizado no item fechamento e revestimento com os blocos de concreto.

Figura 16 - Comparativo de preço por etapa entre os sistemas.

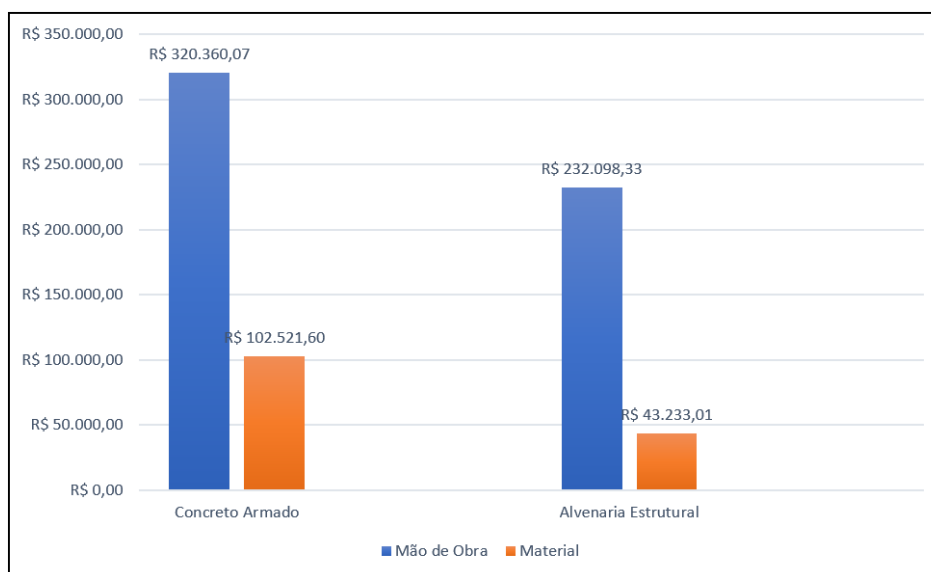


Fonte: Elaborado pelo Autor.

É possível observar grande contribuição do fechamento/revestimento no valor total de ambos os sistemas, sendo mais relevante para Alvenaria Estrutural onde embute-se os custos da estrutura. Quando analisada as fundações, o sistema de Concreto Armado (fundação rasa do tipo sapata isolada e vigas baldrame) mostra-se mais custoso que o sistema em Alvenaria Estrutural com a fundação do tipo radier.

No gráfico da Figura 17, é possível notar que o concreto armado apresenta os maiores gastos com mão de obra e material que a Alvenaria Estrutural.

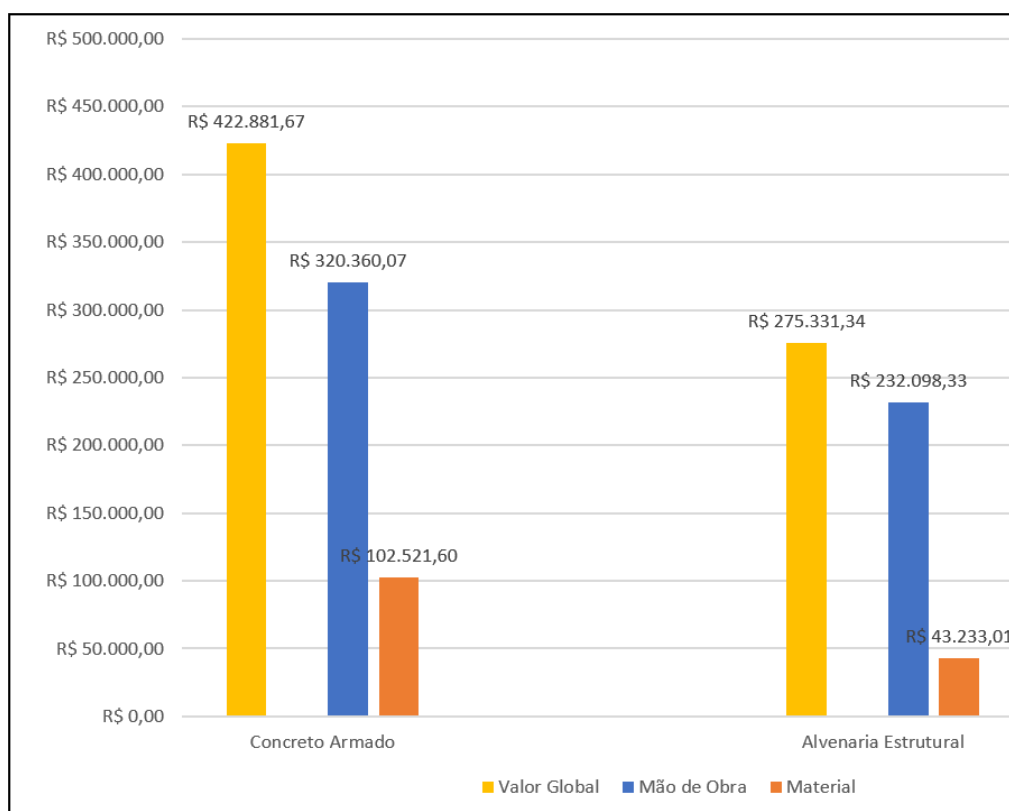
Figura 17 - Relação material x mão de obra dos dois sistemas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No comparativo do valor global dos sistemas (gráfico da Figura 18), a Alvenaria Estrutural é 34,89% mais barata que o Concreto Armado.

Figura 18 - Valor global dos sistemas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Além disso, com base nestes resultados finais apresentados, é possível também calcular o valor do CUB da estrutura e vedação para ambos os sistemas construtivos orçados. No caso deste estudo, o projeto possui uma área total construída de 297,38 m² e os valores finais da estrutura e vedação para os sistemas construtivos em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural foram, respectivamente R\$ 422.881,67 e R\$ 275.331,34. Logo, o valor do CUB da estrutura e vedação para o Concreto Armado foi de R\$1.422,02/m². E para a Alvenaria estrutural esse CUB foi de R\$ 925,86/m², ou seja, uma diminuição de R\$ 496,16/m² em relação ao CA.

Com o objetivo de realizar uma comparação justa, temos que o CUB residencial médio desonerado de Florianópolis em novembro de 2021 (mesmo mês e ano que foram retirados os valores para os orçamentos no SINAPI) é no valor de R\$ 2.247,35/m² (SINDUSCON, 2021). Dessa forma, pode-se concluir que é bastante provável que, para este projeto, o valor do CUB final para o sistema construtivo em Concreto Armado se aproxime bastante do valor médio referido. Já para a Alvenaria Estrutural, acredita-se que este valor fique relativamente abaixo, porque para a finalização completa da residência os custos de acabamentos entre os sistemas serão bastante semelhantes, e ela já partiria com vantagem.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo apresenta um bom embasamento teórico sobre os sistemas construtivos em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural, no qual foram abordadas grande parte de suas características e especificidades. Além disso, também foram descritos alguns critérios básicos para o dimensionamento das estruturas e exibido um meio simples e tangível, para calcular o custo de materiais e serviços de um projeto de estrutura e vedação dos sistemas construtivos em questão.

Quanto aos projetos de estruturas dos sistemas construtivos do comparativo de custo, foram realizados mediante um projeto arquitetônico único para ambos, no qual suas dimensões foram completamente obedecidas. Isso foi possível porque o projeto original recebeu modificações no formato e dimensões para melhor receber a modulação dos blocos do sistema em Alvenaria Estrutural.

No que diz respeito aos resultados obtidos, não há dúvidas de que o projeto em Alvenaria Estrutural é mais vantajoso que o projeto em Concreto Armado em relação ao custo de execução da estrutura e vedação da residência em análise, visto que, no comparativo de valores globais, a Alvenaria Estrutural apresentou uma redução de aproximadamente 34,89% nestes custos.

Entretanto, apesar dos resultados favoráveis à Alvenaria Estrutural, é válido ressaltar que para o presente estudo foi proposto um ambiente ideal para este sistema construtivo. Em diversos casos, as modificações arquitetônicas necessárias para a sua execução não seriam bem aceitas pelos compradores finais, bem como algumas de suas limitações pós-obra.

Dessa forma, entende-se que o sistema construtivo em Alvenaria Estrutural é uma opção bastante válida para a construção de uma residência unifamiliar de dois pavimentos, desde que a mesma seja planejada para o recebimento do sistema construtivo. Sendo assim, é viável afirmar com base na literatura e neste estudo que construções realizadas com ciência destas informações devem atender às expectativas daqueles que pretendem reduzir os custos, aumentar a velocidade de produção das obras e reduzir os desperdícios.

Vale ressaltar no entanto, que conforme mencionado no tópico de vantagens e desvantagens da Alvenaria Estrutural (item 2.2.7), a redução dos desperdícios e dos prazos costumam ser vantagens deste sistema, mas neste estudo não foram

considerados estes fatores para a conclusão da obra, sendo de total importância a sua análise para a escolha do melhor método de trabalho.

Com isso, conclui-se que a presente pesquisa confirma a viabilidade de ambos os sistemas construtivos, e evidencia algumas das limitações de cada um deles. Além disso, a conclusão deste estudo pode vir a possuir resultados proveitosos para alguns dos leitores, já que pode ser utilizada como uma ferramenta de análise na construção de estruturas em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural, auxiliando talvez em uma possível escolha entre os sistemas construtivos.

5.1. Sugestões para pesquisas futuras

Para trabalhos futuros com propostas e dimensões de residências semelhantes a este, sugere-se a realização da análise de custos referente a desperdícios e prazos de conclusão da obra e o emprego de diferentes sistemas construtivos. Além disso, outra proposta interessante seria em comparar também o bloco estrutural cerâmico ao invés do bloco de concreto.

Quanto a abordagem de lajes maciças em estudos semelhantes, sugere-se também a utilização de outros métodos de dimensionamento além da Analogia de Grelha, como o Método de Marcus e as Charneiras Plásticas por apresentarem resultados mais precisos.

Ainda para estudos de residências de dois pavimentos como este, sugere-se a comparação de diferentes tipos de lajes, e fundações das já realizadas neste estudo, e a realização de comparativos de custos com alguns trabalhos a respeito do tema.

Para trabalhos com maiores quantidades de pavimentos, sugere-se avaliar até quantos pavimentos o sistema em Alvenaria Estrutural seria mais vantajoso em termos de custo na execução da estrutura e vedação dos sistemas construtivos.

REFERÊNCIAS

BERR, L. R.; FORMOSO, C. T. **O método para a avaliação da qualidade de processos construtivos em ambientes habitacionais de interesse social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.77-96, 2012. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/22220/18765>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SOARES, S. M. B. **Alvenaria estrutural**. PUCRS, 2003. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais__Alvenaria_Estrutural/Alvenaria_1_NOVA_VERSA O.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ROMAN, H. **Manual da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. UFSC, 1-18, 1996. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-de-alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SANTA CECÍLIA, Bruno Luiz Coutinho. **Tectônica Moderna e Construção Nacional. MDC – Mínimo Denominador Comum**, Belo Horizonte, v. 1, p. 6-9, 2005. Disponível em: <<https://revistamdc.files.wordpress.com/2008/12/mdc01-txt02.pdf>>. Acesso em 18 jun. 2021.

FERNANDES, M. J. G., SILVA FILHO, A. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador: Ucsal, 2010. 18 p. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0075.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ARAÚJO, H. N.; MUTTI, C. N. **Análise da competitividade da Indústria da Construção Civil a partir da Teoria da Firma no Setor**. Anais XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre: RS, 29 out a 01 de nov de 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep0706_0567.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais, 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Banco de dados, 2020.

SINDUSCON SECONCI CCP GRANDE FLORIANÓPOLIS (SINDUSCON). Tabelas de CUB médio desonerado anual e mensal, 2021.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru: SP, 2019.

CARVALHO, C. B. **Apostila Concreto Armado I – De acordo com a NBR 6118:2014**. Belo Horizonte: MG, 2017.

CARVALHO, R. C; FIGUEIREIDO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado 4ª. Edição Segundo a NBR 6118:2014**. São Carlos: SP, 2014.

SANTOS, R. E. **A Armação do Concreto no Brasil - História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Belo Horizonte: MG, 2008.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do Concreto Estrutural 1. Edição**. Pini: São Paulo, 2008.

BOTELHO, M. H. C; MARCHETTI, O. **Concreto Armado Eu te Amo 9. Edição**. São Paulo: SP, 2018.

PORTO, T. B; FERNANDES, D. S. G. **Curso Básico de Concreto Armado – conforme NBR 6118:2014**. São Paulo: SP, 2015.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado 3. Edição**. Rio grande: RS, 2010.

CAMPOS, J. C. **Elementos de Fundações em Concreto**. São Paulo: SP, 2015.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de Concreto Armado – Fundamentos de Projeto, Dimensionamento e Verificação 2. Edição**. Brasília: DF. 2008.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar 10. Edição**. Pini: SP. 2009.

CUSTODIO, K. R. **Estruturas de Concreto Armado I**. Londrina: PR. 2018.

GERDAU. **Construção Civil**. 2020. Disponível em: <https://www.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais/construcao-civil.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

LUKE, W. G. M. **Análise Numérica Não-Linear de Elementos de Concreto Estrutural considerando a variação de aderência**. Brasília: DF. 2015.

VILASBOAS, J. M. L. V. **Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador: uma contribuição para a implementação da NBR 6118:2003**. Salvador: BA. 2004.

ALVES, R. B; MATIODA R. A; CARDOSO, R. R. **Aplicação dos Conceitos da Qualidade no Processo de Execução de Armaduras para Estruturas de Concreto Armado na Construção Civil**. Salvador: BA. 2009.

ROTH, C. G; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Paraná, 2009.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. ABNT, Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 6136**: Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. ABNT, Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 7480**: Aço destinado à armadura para estruturas de concreto armado - Especificação. ABNT, Rio de Janeiro, 2007.

PELETEIRO, S. C. **Contribuições à modelagem numérica de Alvenaria Estrutural**. São Carlos: SC. 2002. Tese (Doutorado).

CAMACHO, J. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: SP. 2006.

SOUSA, H. **Construções em Alvenaria – Apontamentos**. Porto. 2003.

SILVA, M. M. A. Diretrizes para o Projeto de Alvenarias de Vedação. São Paul: SP. 2003. Dissertação (Mestrado).

ROMAN, H. R; MUTTI, C. N; ARAÚJO, H. N. **Construindo em Alvenaria Estrutural**. Florianópolis: SC. 2015.

SILVA W. J. **Estudo Experimental de Ligações entre Paredes de Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos Sujeitas a Ações Verticais**. Ilha Solteira: SP. 2003 (Dissertação de Mestrado).

SILVA M. M. A. **Diretrizes para o Projeto de Alvenarias de Vedação**. São Paulo. 2003 (Dissertação de Mestrado).

NONATO L. F. C. **Alvenaria Estrutural e Suas Implicações**. Belo Horizonte. 2013

SOARES S. M. B. **Alvenaria Estrutural**. Rio Grande do Sul. 2009.

RICHTER C. **Alvenaria Estrutural – Processo Construtivo Racionalizado**. Rio Grande do Sul. 2007.

RAMALHO M. A; CORRÊA M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo. 2003.

TAUIL C. A; NESSE F. J. M. **Alvenaria Estrutural – Metodologia do projeto, Detalhes, Mão de Obra, Normas e Ensaio**. São Paulo. 2010.

SABBATTINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Goiás, 2003.

MAZZER, R. C. **Características técnicas e execução racionalizada de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. São Paulo. 2012. Dissertação (Mestrado).

FILHO, J. A. A. S. **Blocos de Concreto para Alvenaria em Construções Industrializadas**. São Carlos: SP. 2007.

THOMAZ, E; FILHO, C. V. M; CLETO, F. R; CARDOSO, F. F. **Código de Práticas Nº1. - Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. São Paulo, 2009.

AZEREDO, N. G. **Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas em Blocos Cerâmicos Estruturais Através do Método de Ultrassom na Região de Campos dos Goytacazes – RJ**. Campos dos Goytacazes: SP. 2015. (Tese de Doutorado).

PRUDÊNCIO, L. R; OLIVEIRA, A. L; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: SC. 2002.

CAMPOS, J. C. **Curso de Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2017.

_____. **NBR 16868-1: Alvenaria estrutural Parte 1: Projeto**. ABNT, Rio de Janeiro, 2020.

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS (PMF). Disponível em: <<http://www.pmf.sc.gov.br>>.

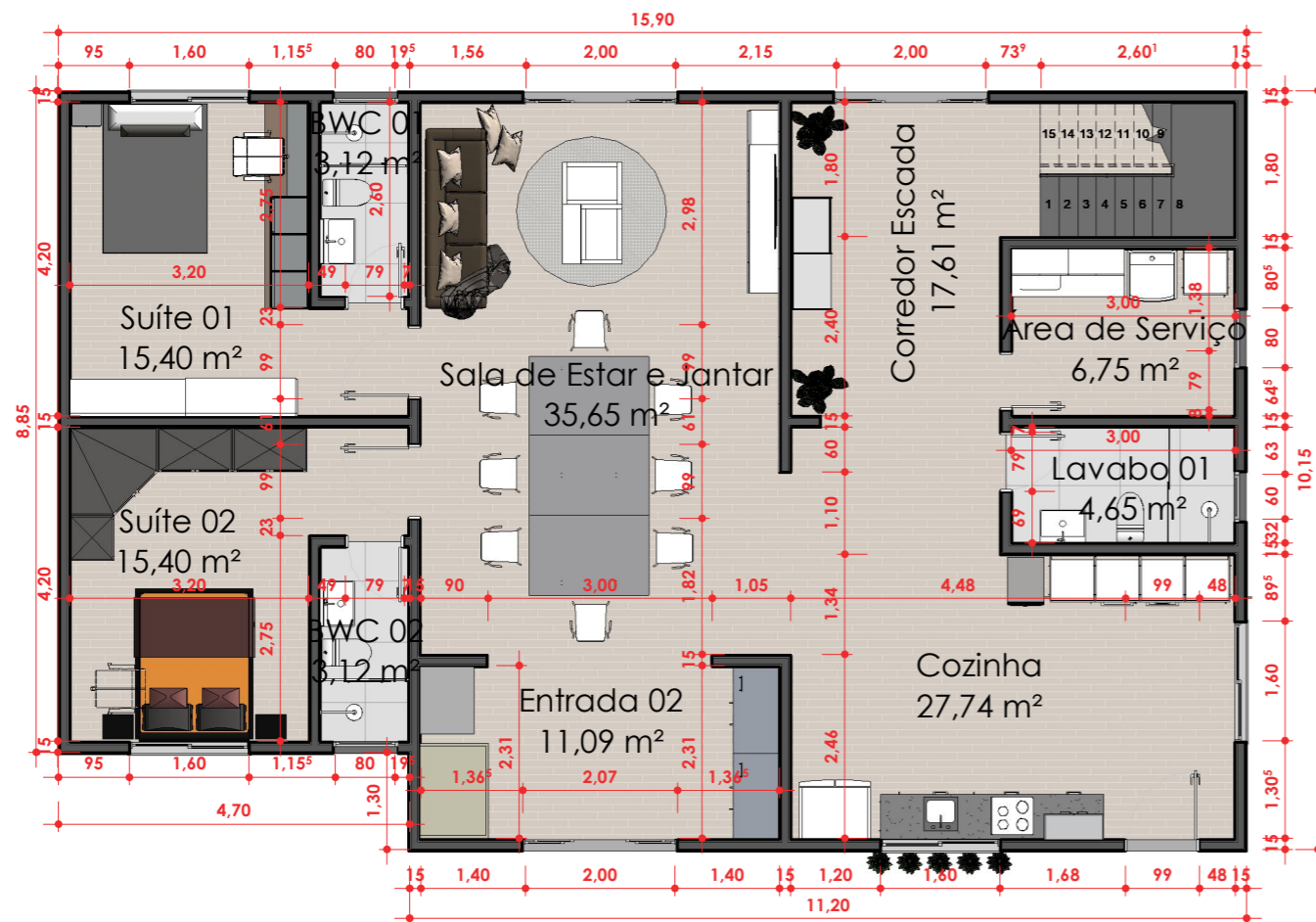
FLORIANÓPOLIS. Legislação Municipal de Florianópolis/SC. Lei Complementar Nº 278, de 04 de abril de 2007. Sistema de Leis Municipais. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/sc/f/florianopolis/lei-complementar/2007/27/278/lei-complementar-n-278-2007-cria-parametros-construtivos-minimos-para-unidades-habitacionais-de-interesse-social-dos-projetos-que-especifica-de-acordo-com-art-260-da-lei-complementar-n-060-de-2000>>. Acesso em: 23 ago. 2021

Alberto de Campos Borges, 2009 – Prática das Pequenas Construções – Volume I – 9ª Edição revista e ampliada.

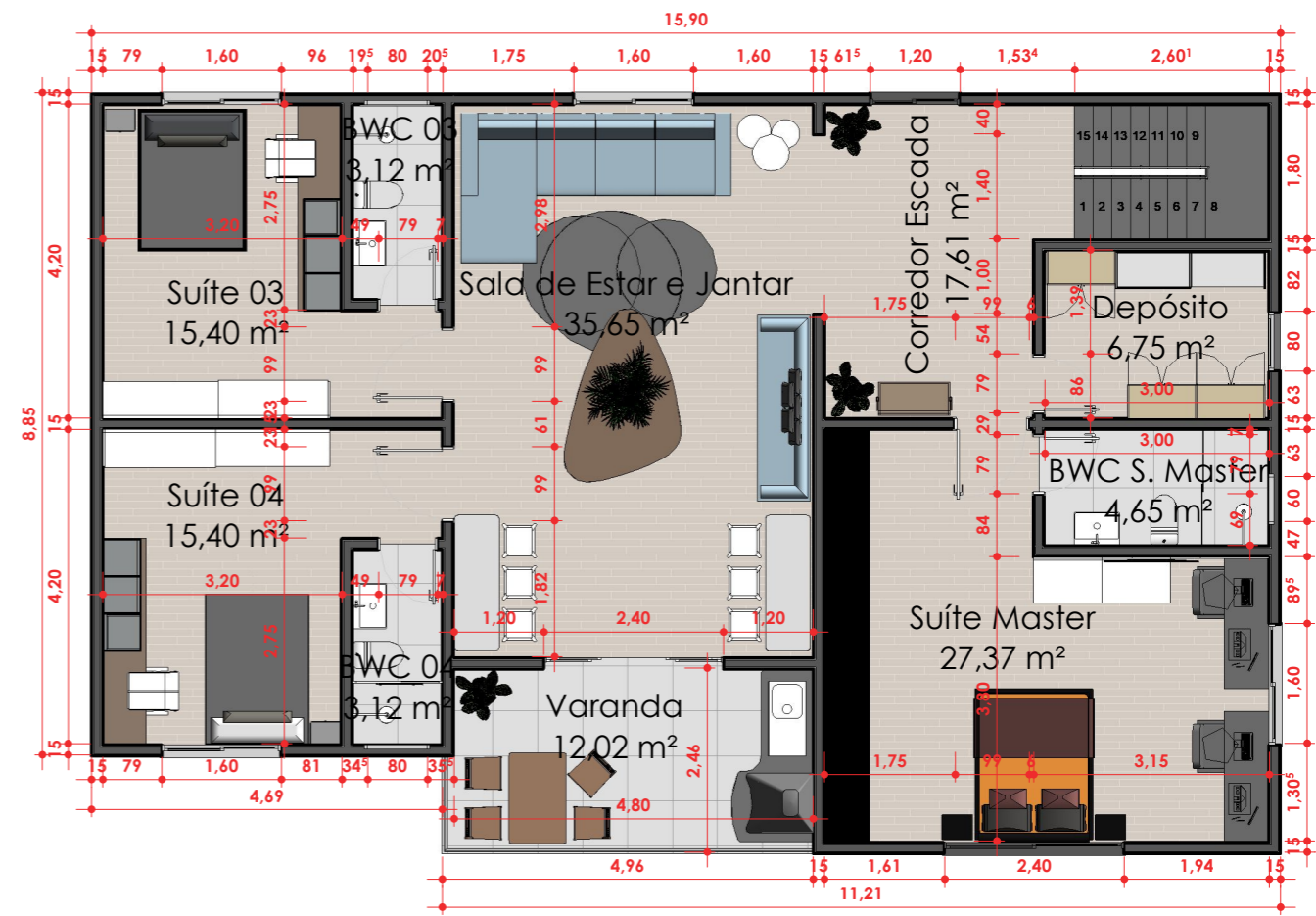
_____. **NBR 14724:** Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. ABNT, Rio de Janeiro, 2011.

APÊNDICES


APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico

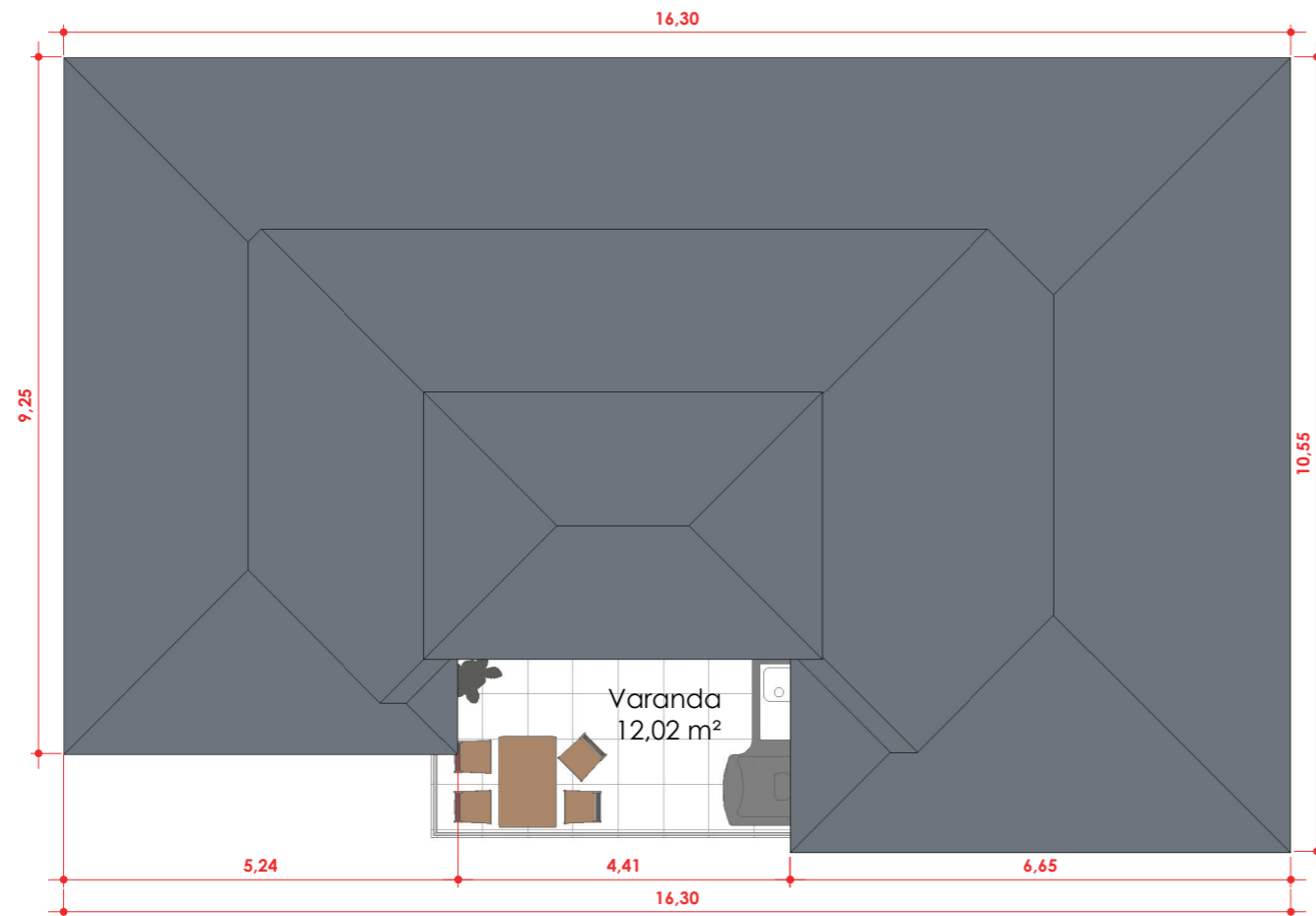


1. Planta Baixa Pav. Térreo
1 : 100

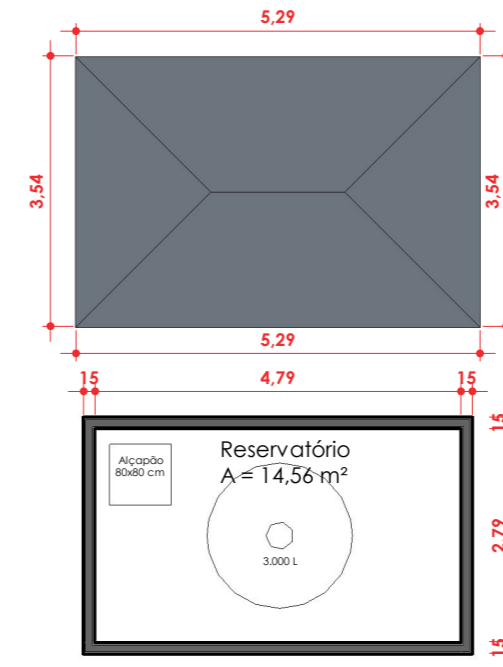


2. Planta Baixa Pav. Segundo
1 : 100

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina</p>	<p>INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS FLORIANÓPOLIS</p> <p>CURSO: ENGENHEIRO CIVIL DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL</p>	
	<p>EDIFÍCIO UNIFAMILIAR</p> <p>Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil</p>	
<p>prancha:</p> <p>01</p> <p>total:</p> <p>04</p>	<p>escala:</p> <p>1/100</p> <p>data:</p> <p>02/03/22</p>	
<p>projeto:</p> <p>PROJETO ARQUITETÔNICO</p>	<p>discriminação:</p> <p>Planta Baixa Pav. Térreo e Pav. Segundo</p>	
<p>aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS</p>		



3. Planta Baixa Pav. Cobertura
1 : 100



4. Planta Baixa Pav. Cob. Cx. d' Água
1 : 100



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
CURSO: ENGENHEIRO CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:	escala:
02	1/100
total:	data:
04	02/03/22

projeto:	discriminação:
PROJETO ARQUITETÔNICO	Planta Baixa Pav. Cobertura e Pav. Cobertura Caixa d'Água

aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

8,95 RESERVATÓRIO

5,90 CAIXA D'ÁGUA

2,95 PAV. SEGUNDO

0,00 PAV. TÉRREO



1 Fachada Frontal



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:

03

total:

04

escala:

1/100

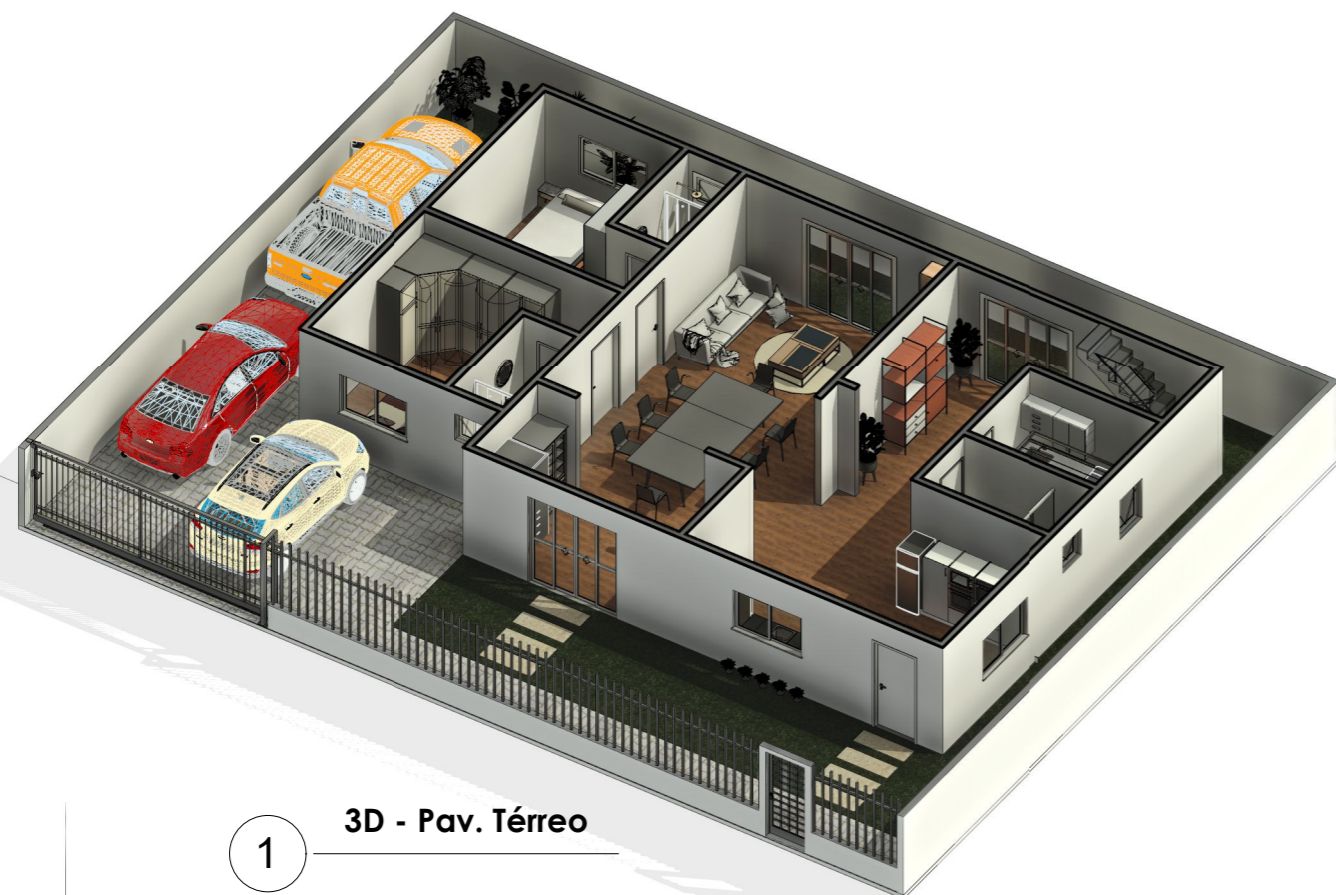
data:

02/03/22

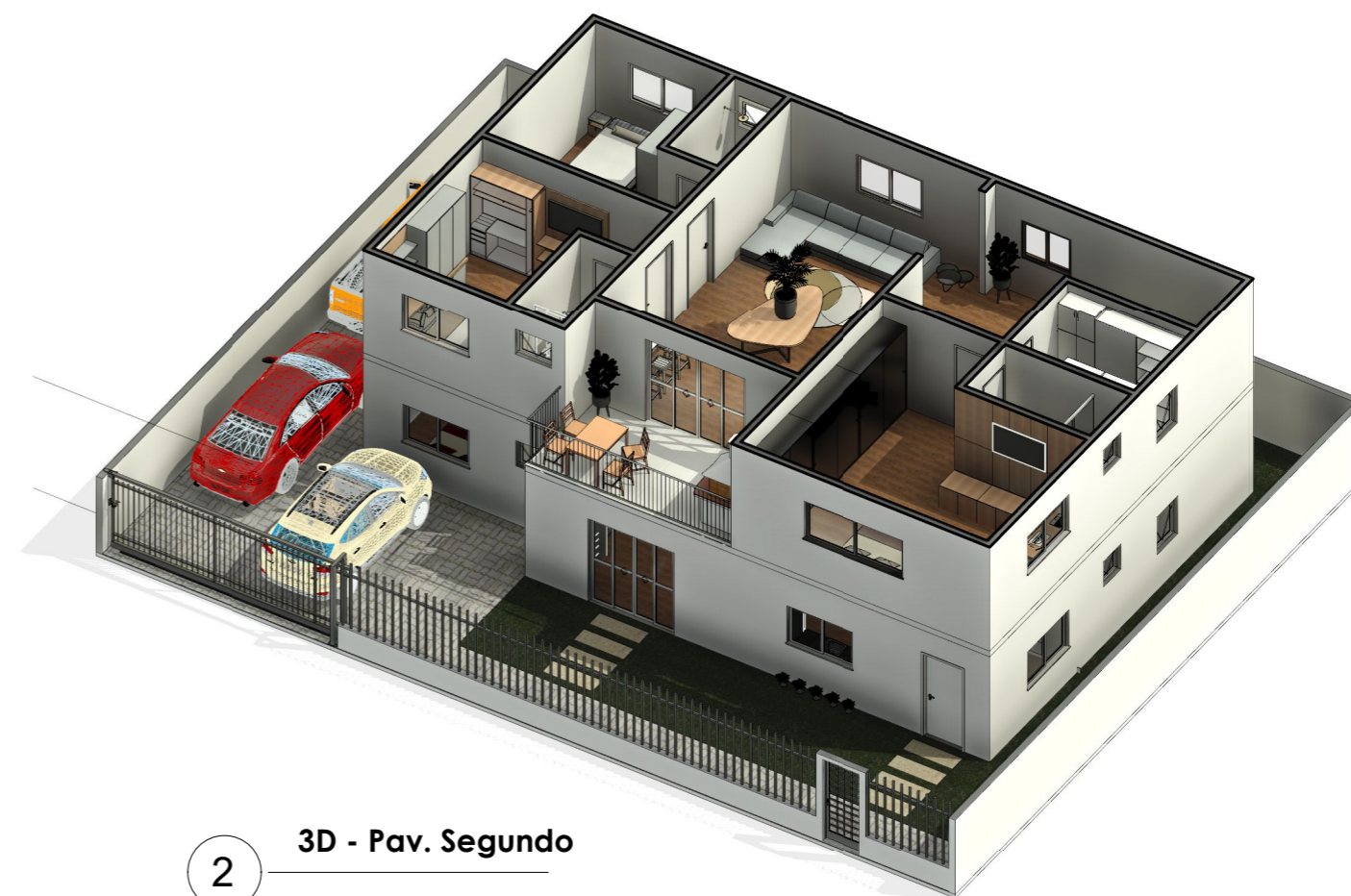
projeto:
PROJETO ARQUITETÔNICO

discriminação:
Fachada Frontal

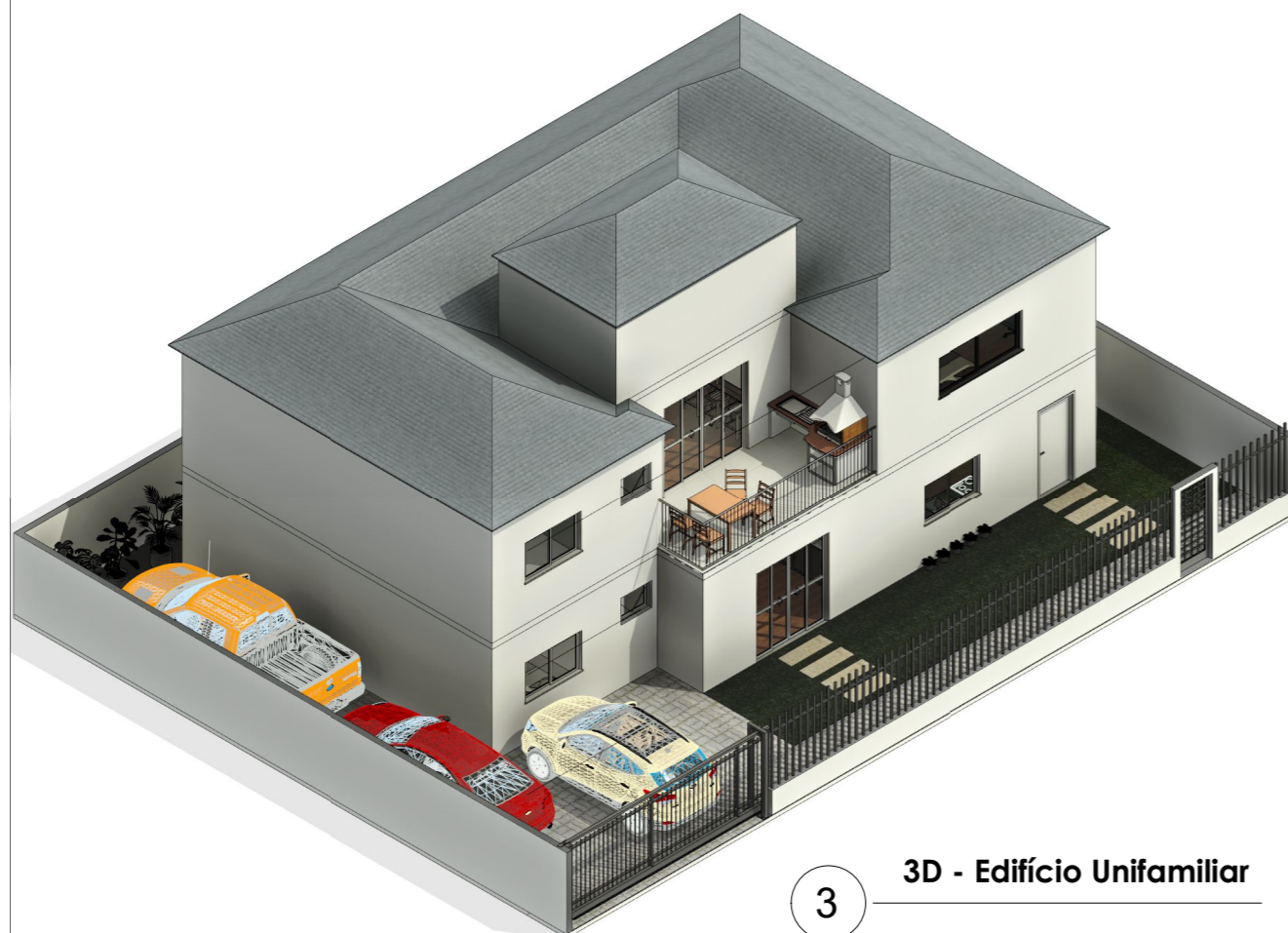
aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS




1 3D - Pav. Térreo



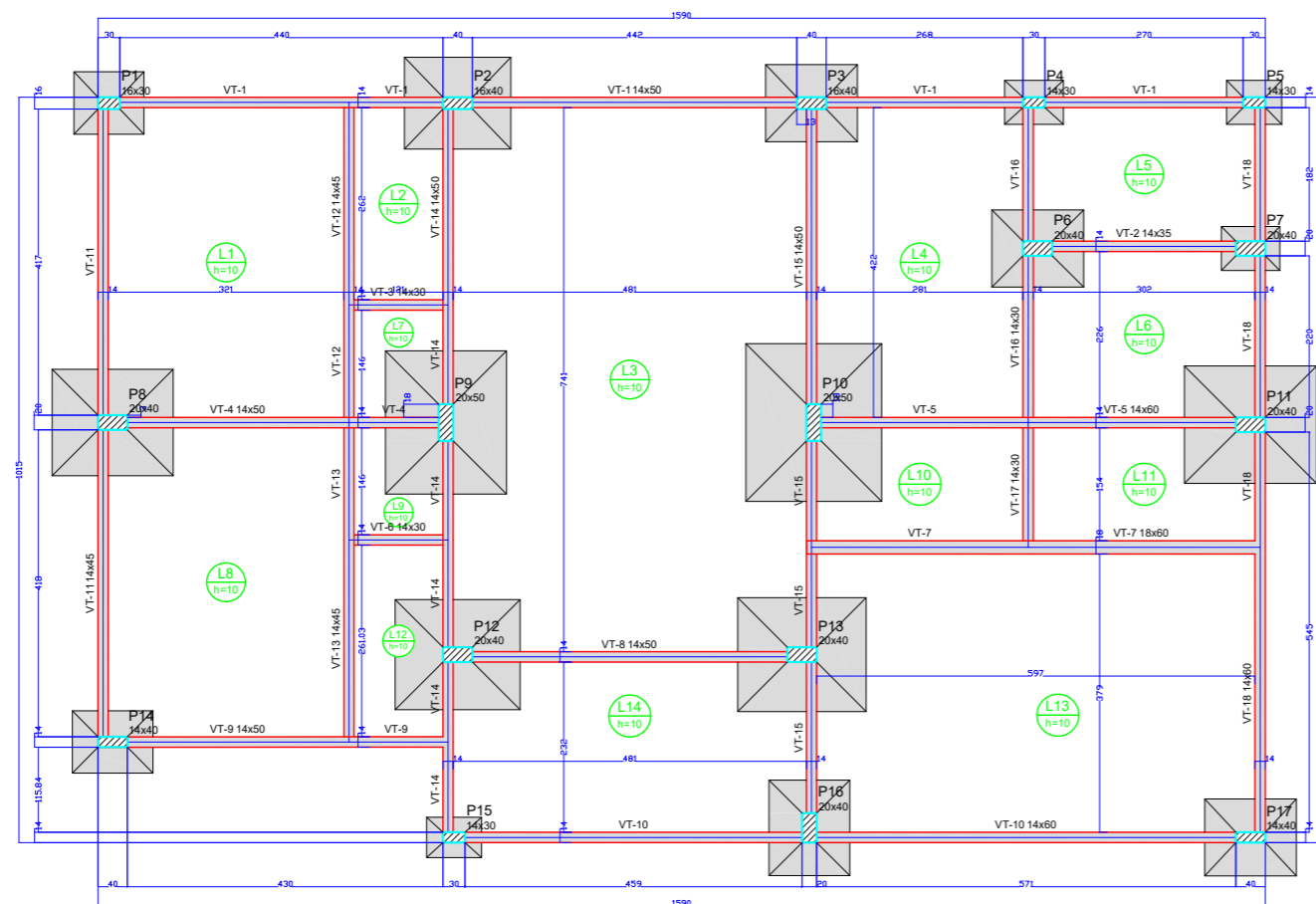
2 3D - Pav. Segundo



3 3D - Edifício Unifamiliar

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina</p>	<p>INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS FLORIANÓPOLIS</p> <p>CURSO: ENGENHEIRO CIVIL DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL</p>		
	<p>EDIFÍCIO UNIFAMILIAR</p> <p>Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil</p>		
<p>projeto: PROJETO ARQUITETÔNICO</p>	<p>discriminação: Vistas 3D</p>	<p>prancha: 04 total: 04</p>	<p>escala: 1/100 data: 02/03/22</p>
<p>aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS</p>			

APÊNDICE B – Projeto em Concreto Armado



Forma do Pav. Térreo (Nível 0)

ESCALA 1/100

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VT-1	14x50	0	0
VT-2	14x35	0	0
VT-3	14x30	0	0
VT-4	14x50	0	0
VT-5	14x60	0	0
VT-6	14x30	0	0
VT-7	18x60	0	0
VT-8	14x50	0	0
VT-9	14x50	0	0
VT-10	14x60	0	0
VT-11	14x45	0	0
VT-12	14x45	0	0
VT-13	14x45	0	0
VT-14	14x50	0	0
VT-15	14x50	0	0
VT-16	14x30	0	0
VT-17	14x30	0	0
VT-18	14x60	0	0

Lajes								
Nome	Tipo	Dados			Sobrecarga (kgf/m²)			
		Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L2	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L3	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L4	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L5	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L6	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L7	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L8	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L9	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L10	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L11	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L12	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L13	Maciça	10	0	0	250	154	300	-
L14	Maciça	10	0	0	250	154	300	-

Características dos materiais	
fck	Ecs
(kgf/cm²)	(kgf/cm²)
300	268384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	16x30	0	0
P2	16x40	0	0
P3	16x40	0	0
P4	14x30	0	0
P5	14x30	0	0
P6	20x40	0	0
P7	20x40	0	0
P8	20x40	0	0
P9	20x50	0	0
P10	20x50	0	0
P11	20x40	0	0
P12	20x40	0	0
P13	20x40	0	0
P14	14x40	0	0
P15	14x30	0	0
P16	20x40	0	0
P17	14x40	0	0

Legenda dos pilares		Legenda das vigas e paredes	
	Pilar que passa		Viga



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

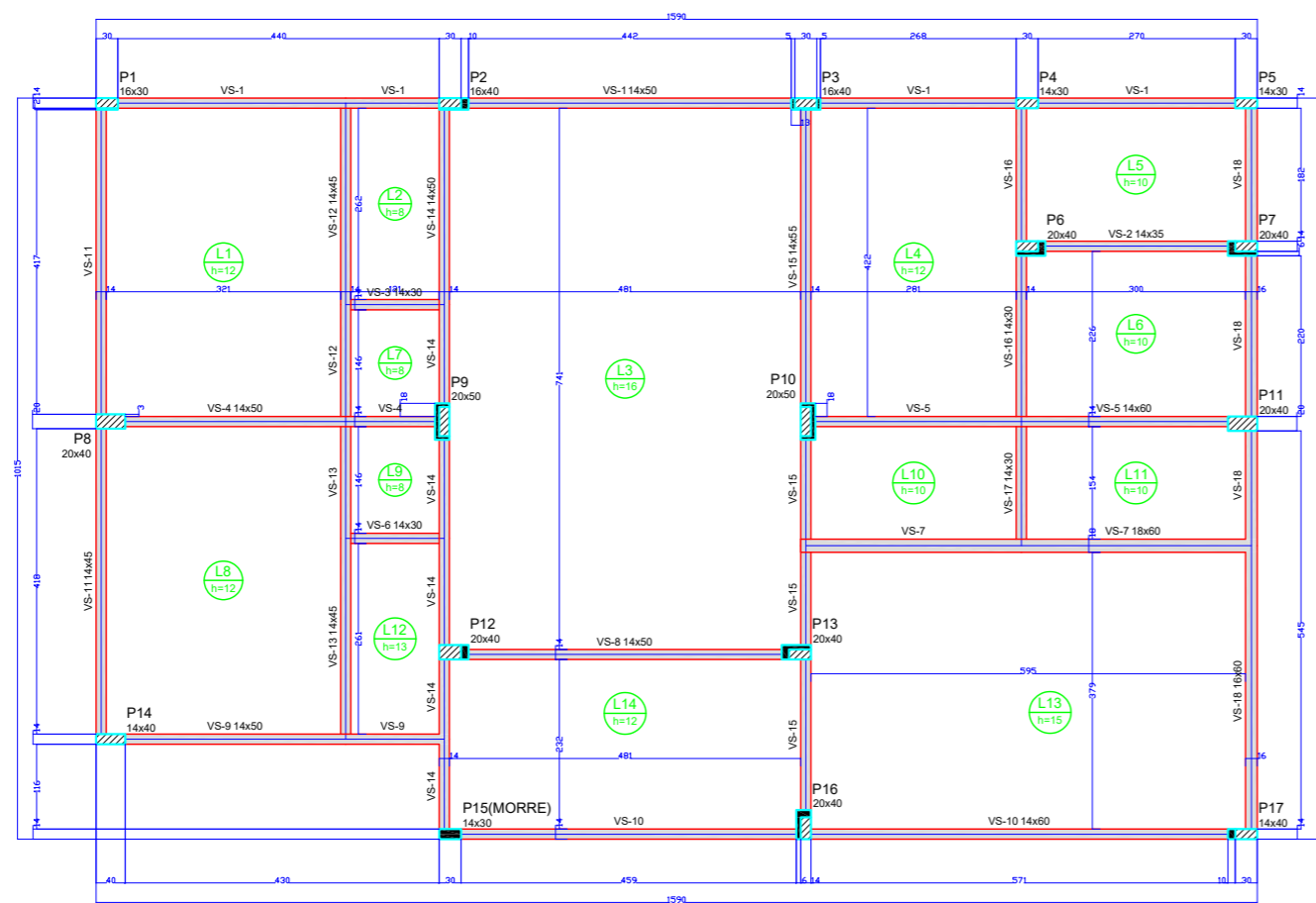
Rua Vera Linhares de Andrade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

projeto
PROJETO
CONCRETO ARMADO

discriminação
Forma Pav. Térreo

aluno **OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS**

prancha	escala
01	1/100
total	data
04	02/03/22



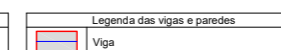
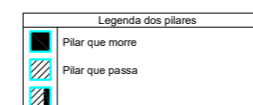
Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VS-1	14x50	0	290
VS-2	14x35	0	290
VS-3	14x30	0	290
VS-4	14x50	0	290
VS-5	14x60	0	290
VS-6	14x30	0	290
VS-7	18x60	0	290
VS-8	14x50	0	290
VS-9	14x50	0	290
VS-10	14x60	0	290
VS-11	14x45	0	290
VS-12	14x45	0	290
VS-13	14x45	0	290
VS-14	14x50	0	290
VS-15	14x55	0	290
VS-16	14x30	0	290
VS-17	14x30	0	290
VS-18	16x60	0	290

Lajes								
Nome	Tipo	Dados			Sobrecarga (kgf/m²)			
		Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maçoia	12	0	290	300	154	150	-
L2	Maçoia	8	0	290	200	182	150	-
L3	Maçoia	16	0	290	400	154	150	-
L4	Maçoia	12	0	290	300	154	300	-
L5	Maçoia	10	0	290	250	154	300	-
L6	Maçoia	10	0	290	250	182	200	-
L7	Maçoia	8	0	290	200	154	150	-
L8	Maçoia	12	0	290	300	154	150	-
L9	Maçoia	8	0	290	200	182	150	-
L10	Maçoia	10	0	290	250	182	150	-
L11	Maçoia	10	0	290	250	182	150	-
L12	Maçoia	13	0	290	325	155	300	-
L13	Maçoia	290	0	290	375	182	150	-
L14	Maçoia	12	0	290	300	154	300	-

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
300	268384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	16x30	0	290
P2	16x40	0	290
P3	16x40	0	290
P4	14x30	0	290
P5	14x30	0	290
P6	20x40	0	290
P7	20x40	0	290
P8	20x40	0	290
P9	20x50	0	290
P10	20x50	0	290
P11	20x40	0	290
P12	20x40	0	290
P13	20x40	0	290
P14	14x40	0	290
P15	14x30	0	290
P16	20x40	0	290
P17	14x40	0	290



Forma do Pav. Segundo (Nível 290)

ESCALA 1/100



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

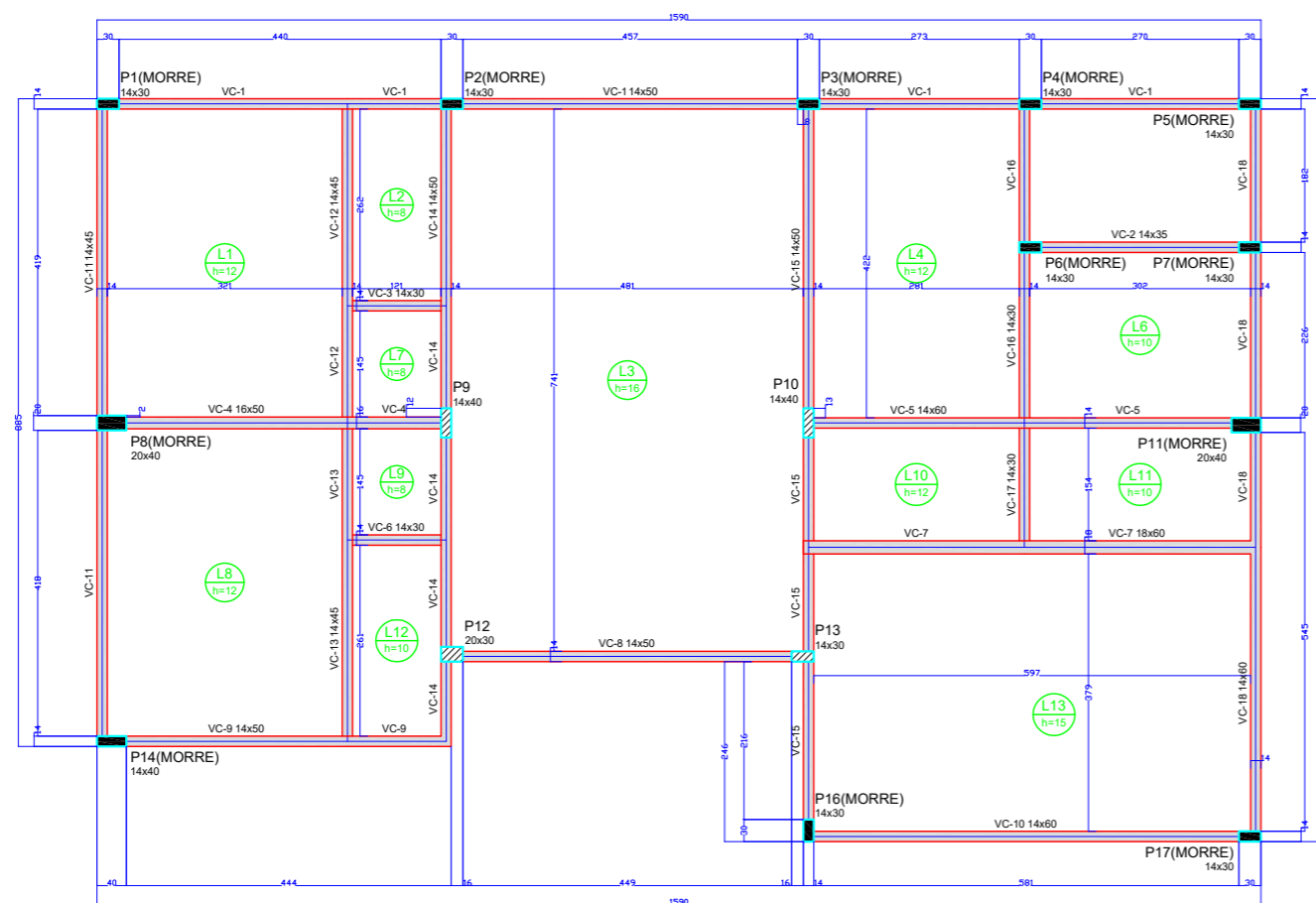
Rua Vera Linhares de Andrade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

projeto
PROJETO
CONCRETO ARMADO

discriminação
Forma Pav. Segundo

aluno **OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS**

prancha	escala
02	1/100
total	data
04	02/03/22



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VC-1	14x50	0	580
VC-2	14x35	0	580
VC-3	14x30	0	580
VC-4	16x50	0	580
VC-5	14x60	0	580
VC-6	14x30	0	580
VC-7	18x60	0	580
VC-8	14x50	0	580
VC-9	14x50	0	580
VC-10	14x60	0	580
VC-11	14x45	0	580
VC-12	14x45	0	580
VC-13	14x45	0	580
VC-14	14x50	0	580
VC-15	14x50	0	580
VC-16	14x30	0	580
VC-17	14x30	0	580
VC-18	14x60	0	580

Lajes								
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m²)			
					Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	12	0	580	300	154	150	-
L2	Maciça	8	0	580	200	154	150	-
L3	Maciça	16	0	580	400	154	300	-
L4	Maciça	12	0	580	300	154	300	-
L6	Maciça	10	0	580	250	154	300	-
L7	Maciça	8	0	580	200	182	150	-
L8	Maciça	12	0	580	300	154	150	-
L9	Maciça	8	0	580	200	154	150	-
L10	Maciça	12	0	580	300	154	150	-
L11	Maciça	10	0	580	250	182	150	-
L12	Maciça	10	0	580	250	182	150	-
L13	Maciça	15	0	580	375	154	150	-

Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	
300	268384	

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

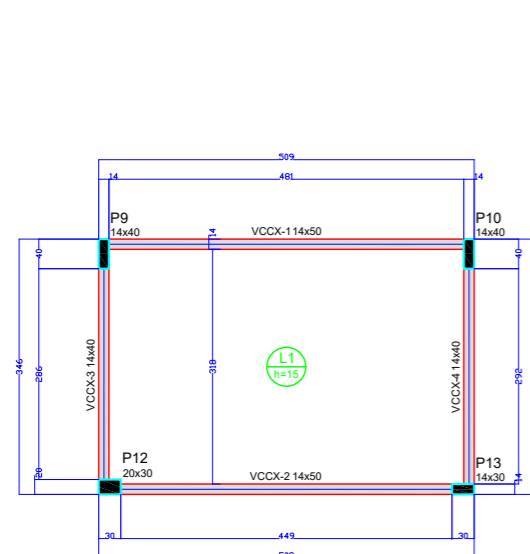
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	14x30	0	580
P2	14x30	12	580
P3	14x30	0	580
P4	14x30	0	580
P5	14x30	0	580
P6	14x30	0	580
P7	14x30	0	580
P8	20x40	0	580
P9	14x40	0	580
P10	14x40	0	580
P11	20x40	0	580
P12	20x30	0	580
P13	14x30	0	580
P14	14x40	0	580
P16	14x30	0	580
P17	14x30	0	580

Legenda dos pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes	
	Viga

Forma do Pav. Cobertura (Nível 580)

ESCALA 1/100



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VCCX-1	14x50	0	780
VCCX-2	14x50	0	780
VCCX-3	14x40	0	780
VCCX-4	14x40	0	780

Lajes								
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m²)			
					Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	15	0	780	375	155	300	-

Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	
300	268384	

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

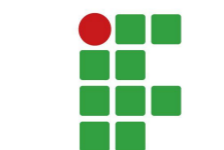
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P9	14x40	0	780
P10	14x40	0	780
P12	20x30	0	780
P13	14x30	0	780

Legenda dos pilares	
	Pilar que morre

Legenda das vigas e paredes	
	Viga

Forma do Pav. Cobertura Cx. D'Água (Nível 780)

ESCALA 1/100



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

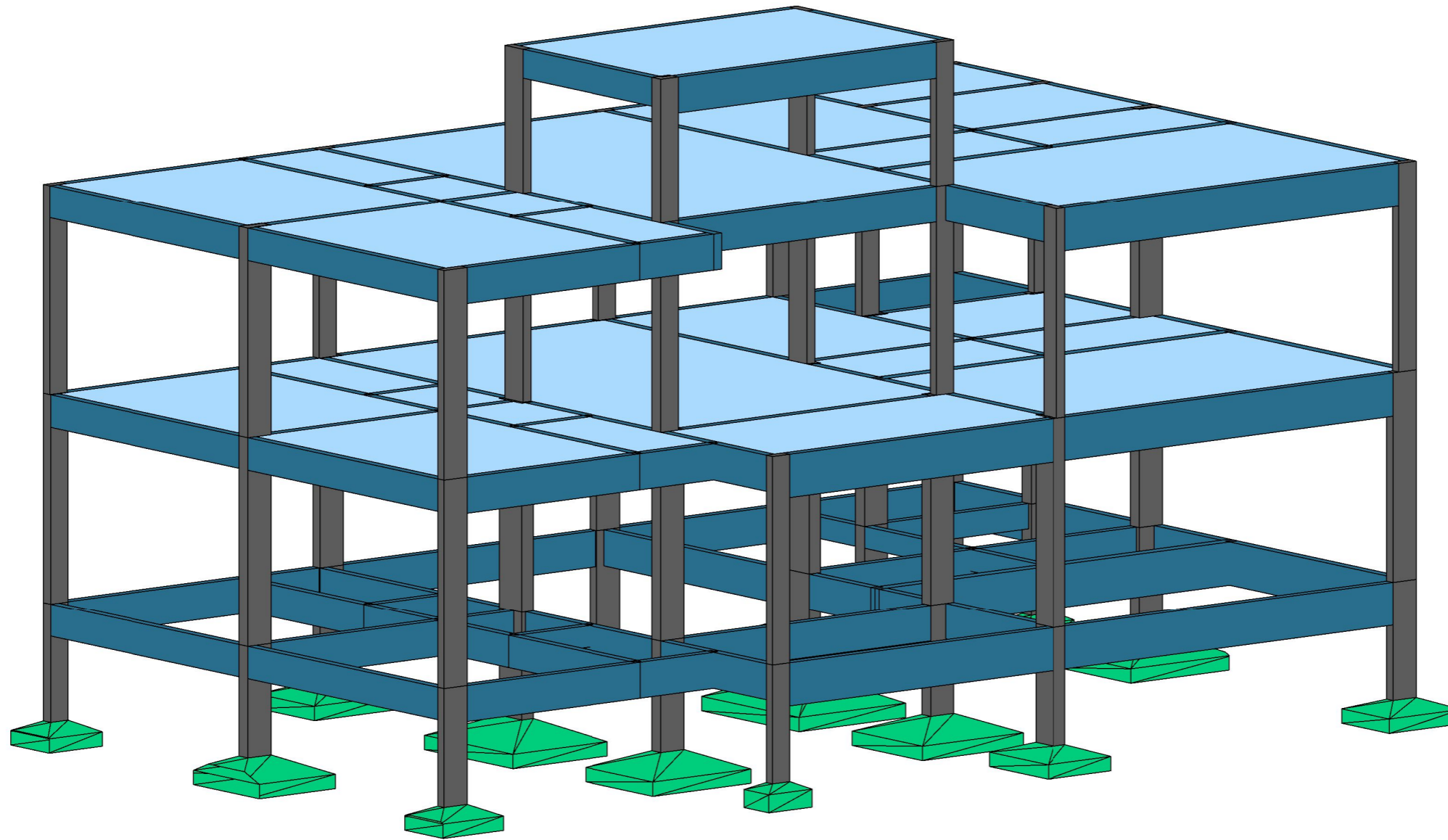
Rua Vera Linhares de Andrade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

projeto
PROJETO
CONCRETO ARMADO

discriminação
Forma Pav. Cobertura

aluno OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

prancha	escala
03	1/100
total	data
04	02/03/22



1

3D - Projeto Eberick



**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:

04

total:

04

escala:

1/100

data:

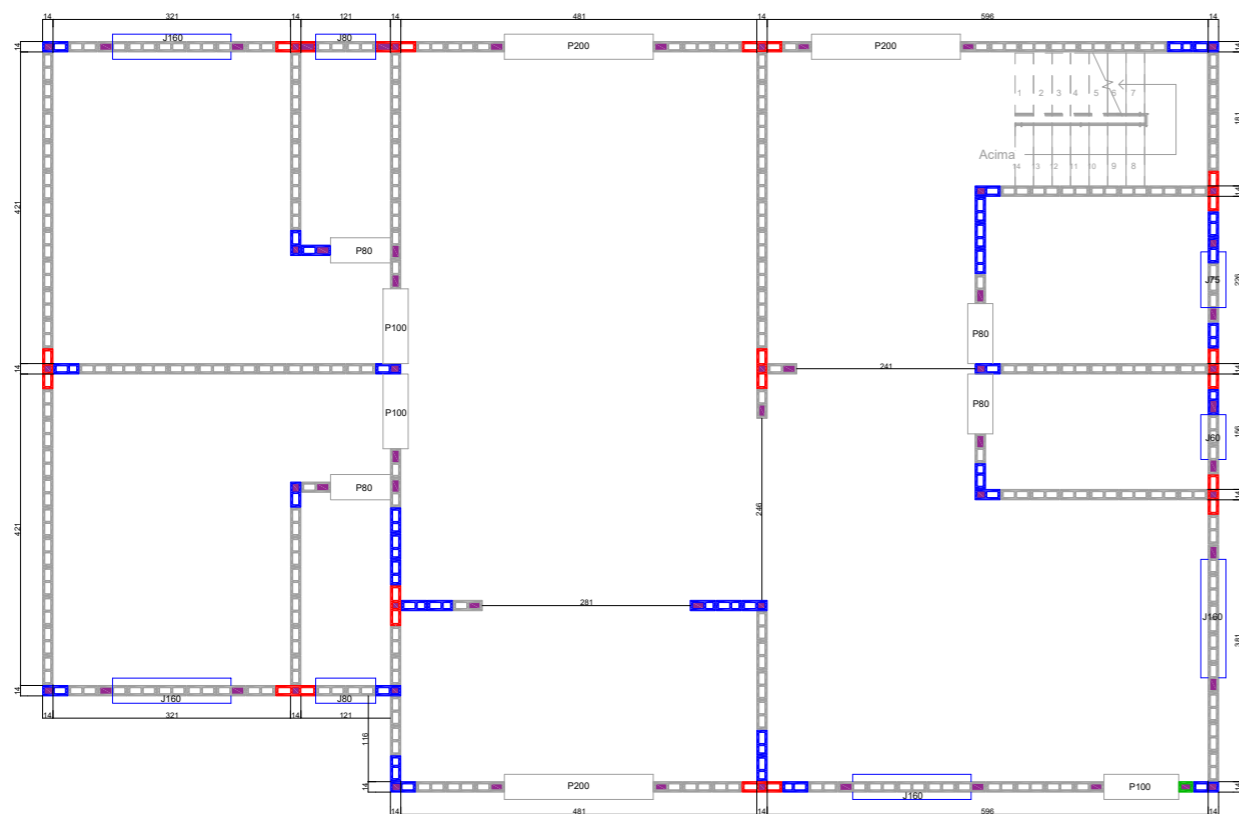
02/03/22

projeto:
PROJETO
CONCRETO ARMADO

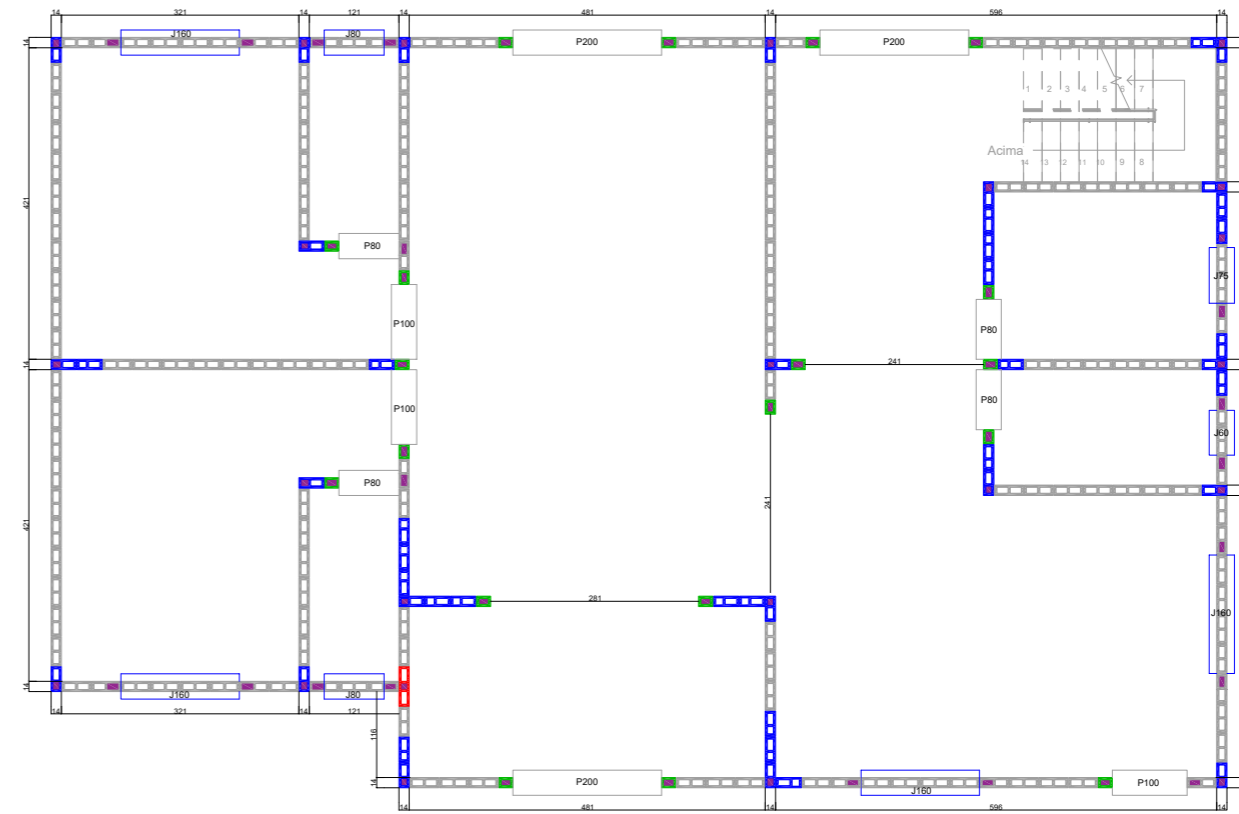
discriminação:
3D - Software Eberick

aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

APÊNDICE C – Projeto em Alvenaria Estrutural



1º Fiada - Pav. Térreo
ESCALA 1/100



2º Fiada - Pav. Térreo
ESCALA 1/100

LEGENDA

	BLOCO 14X19X39 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X39 GRAUTEADO- VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X34 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X34 GRAUTEADO - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X54 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X54 - VISTA EM PLANTA
	MEIO-BLOCO 14X19X19 - VISTA EM PLANTA
	MEIO-BLOCO 14X19X19 GRAUTEADO - VISTA EM PLANTA



INSTITUTO FEDERAL
 Santa Catarina

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

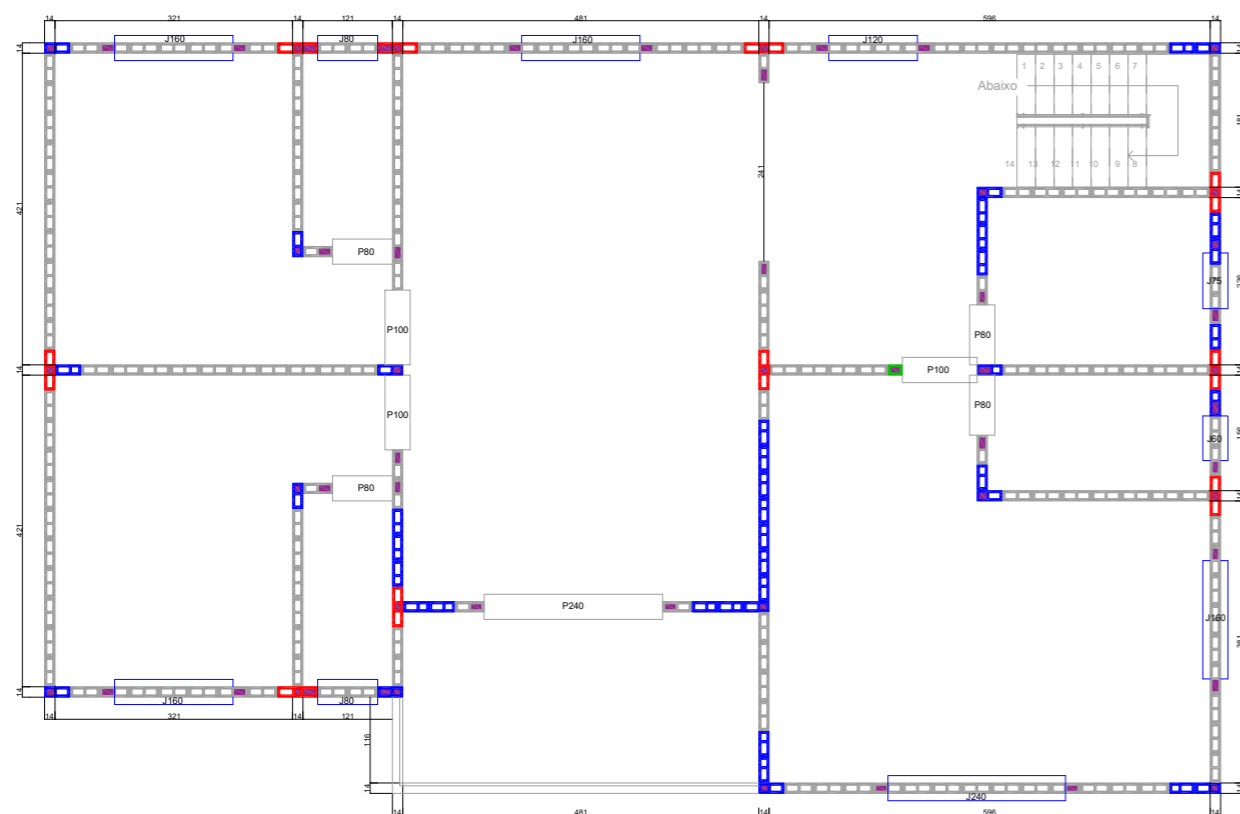
Rua Vera Linhares de Andrade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

projeto
PROJETO
ALVENARIA ESTRUTURAL

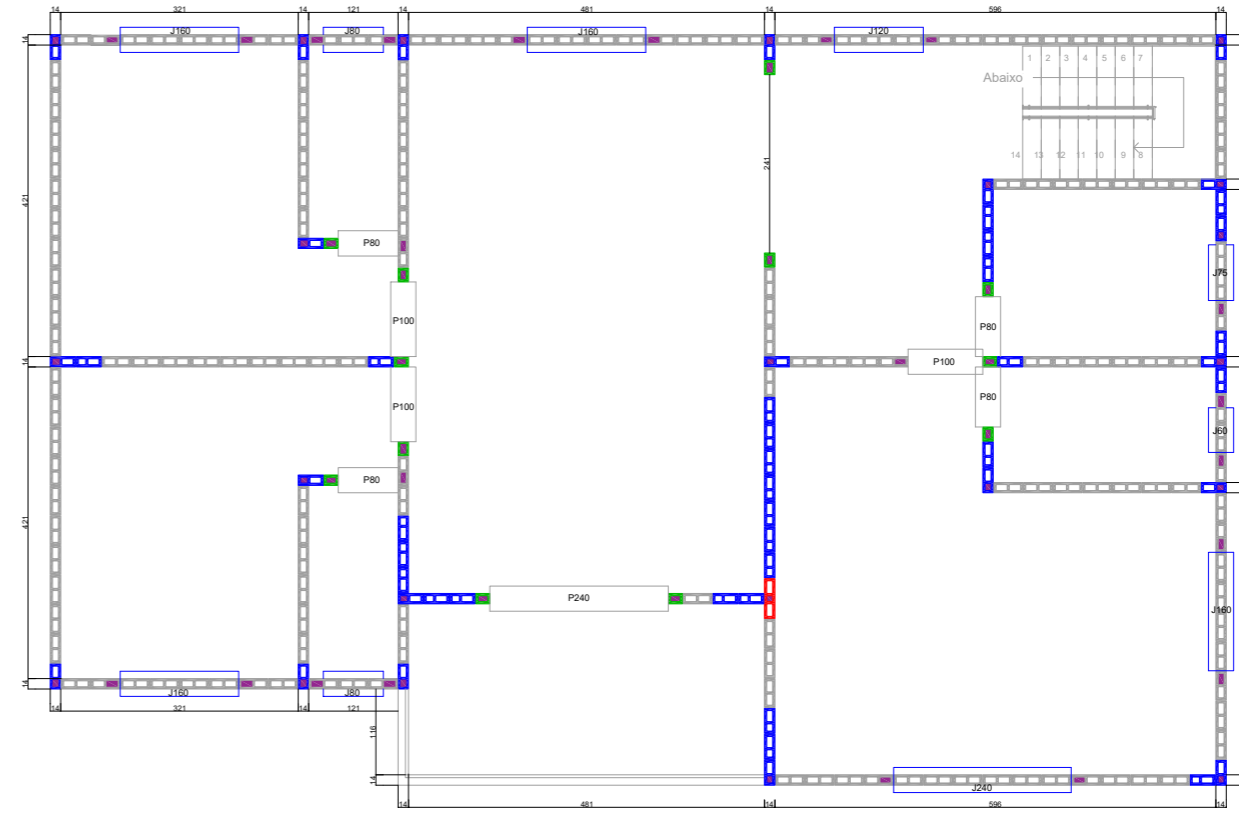
discriminação
 1º e 2º Fiada Pavimento Térreo

aluno **OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS**

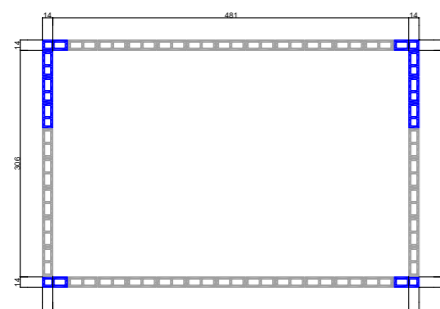
prancha	escala
01	1/100
total	data
03	02/03/22



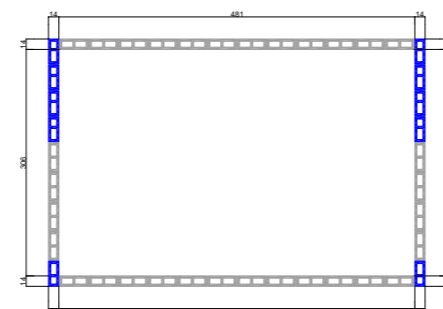
1º Fiada - Pav. Segundo
ESCALA 1/100



2º Fiada - Pav. Segundo
ESCALA 1/100



1º Fiada
Cob. Cx. d'água
ESCALA 1/100



2º Fiada
Cob. Cx. d'água
ESCALA 1/100

LEGENDA

	BLOCO 14X19X39 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X39 GRAUTEADO- VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X34 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X34 GRAUTEADO - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X54 - VISTA EM PLANTA
	BLOCO 14X19X54 - VISTA EM PLANTA
	MEIO-BLOCO 14X19X19 - VISTA EM PLANTA
	MEIO-BLOCO 14X19X19 GRAUTEADO - VISTA EM PLANTA



INSTITUTO FEDERAL
 Santa Catarina

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
 CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHARIA CIVIL
 DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

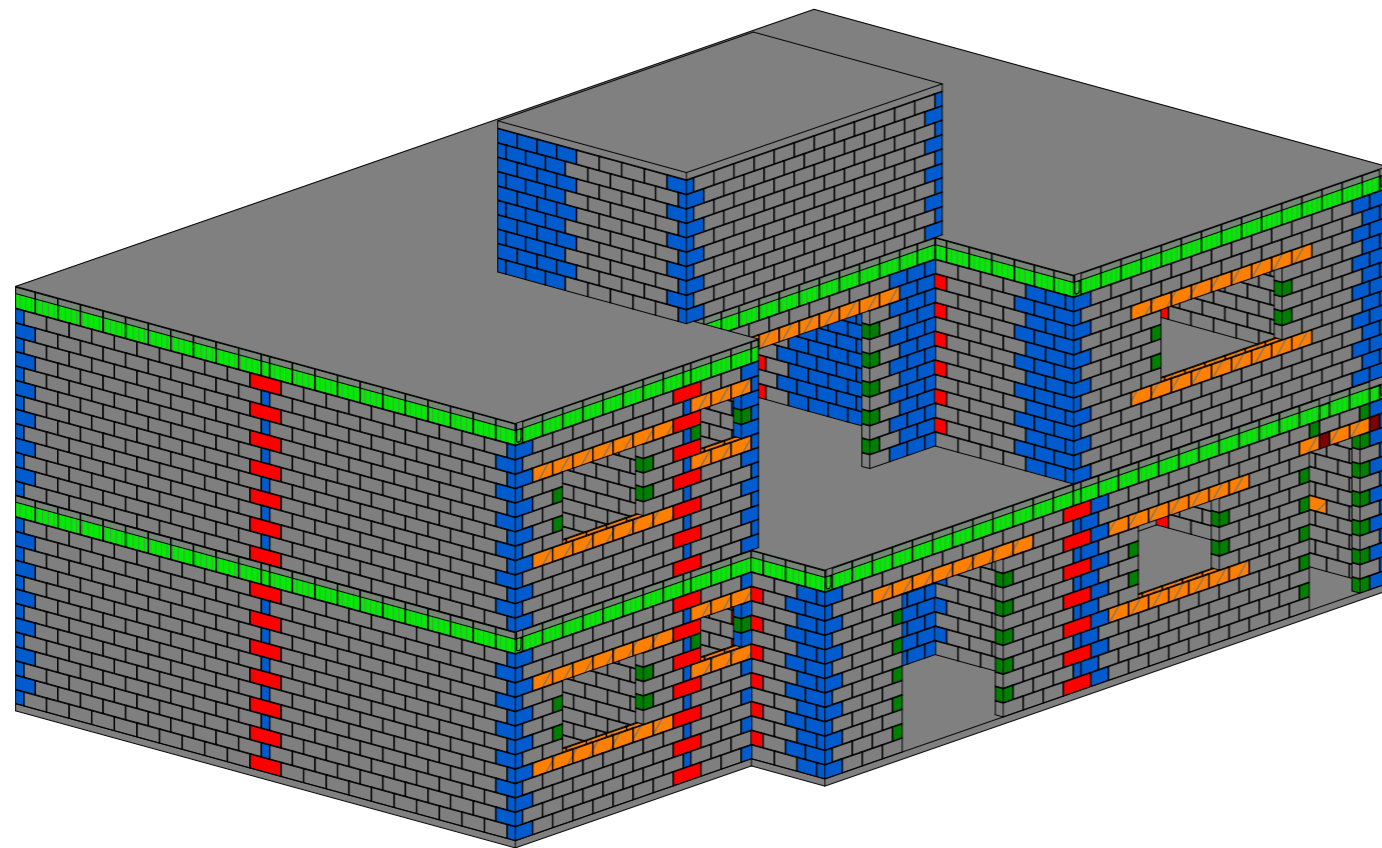
Rua Vera Linhares de Andrade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil

projeto
 PROJETO
 ALVENARIA ESTRUTURAL

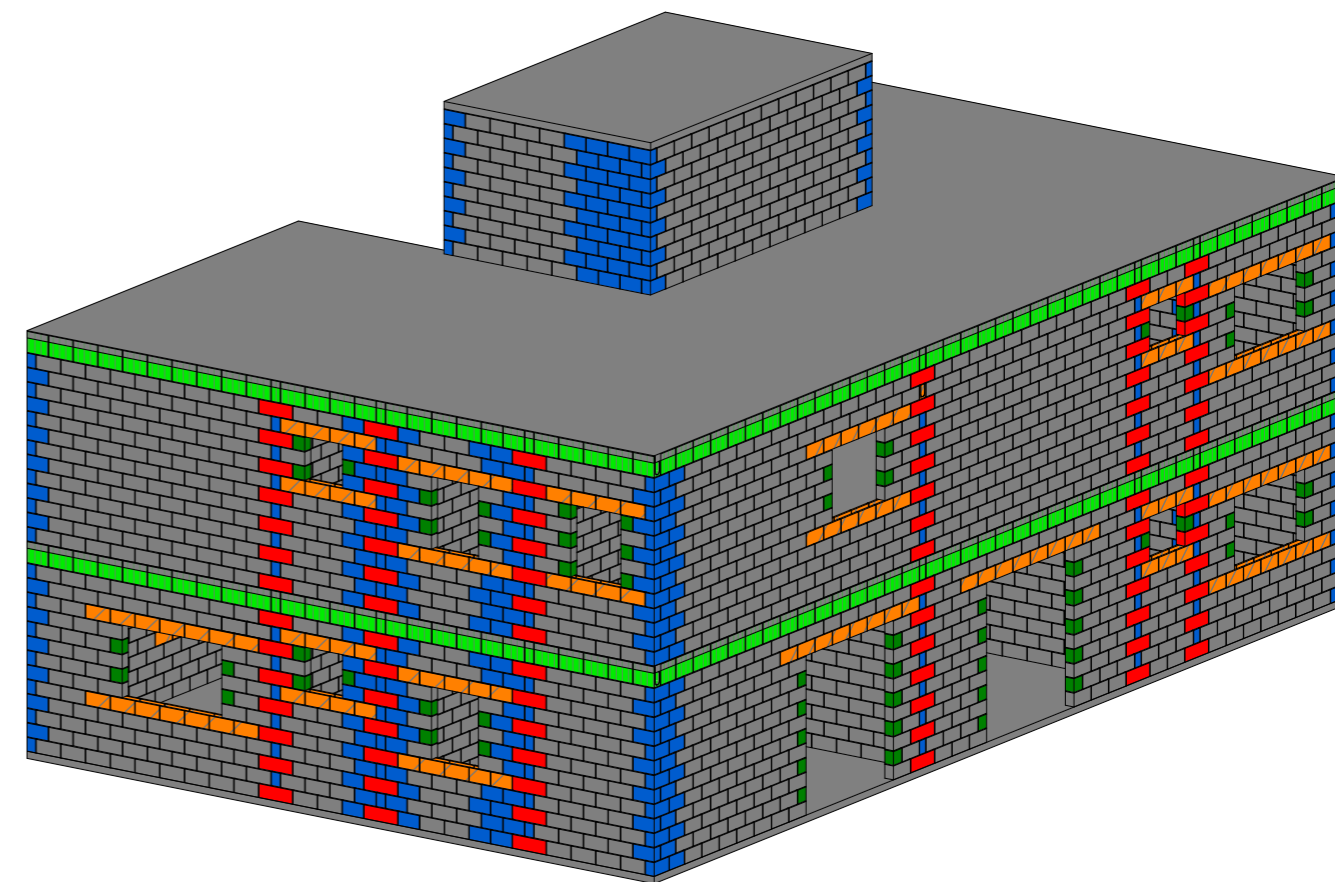
discriminação
 1º e 2º Fiada Pavimento Segundo
 1º e 2º Fiada Cob. Cx. d'água

aluno OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

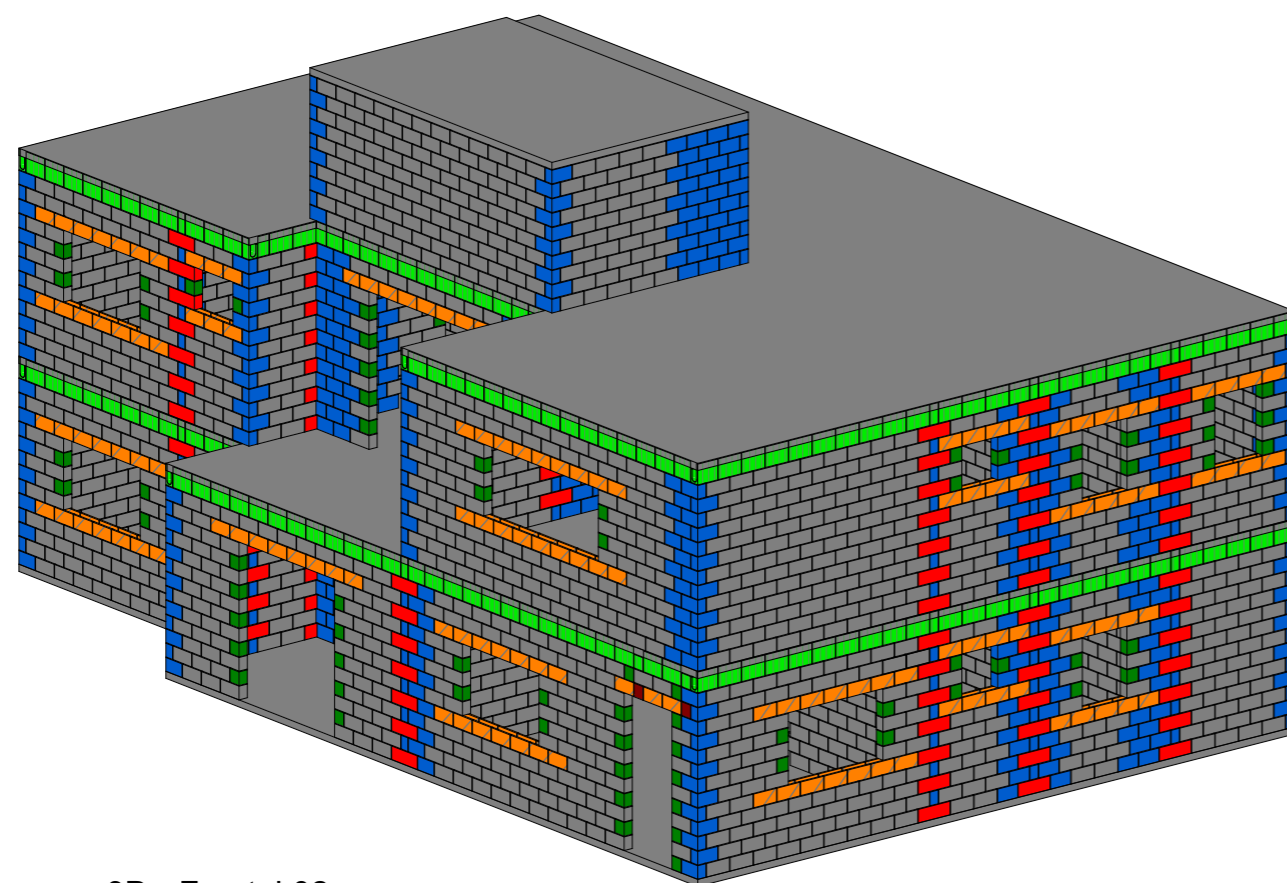
prancha	escala
02	1/100
total	data
03	02/03/22



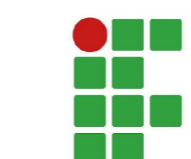
1 3D - Frontal 01.



3 3D - Frontal 03.



2 3D - Frontal 02.

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina</p>	<p>INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS FLORIANÓPOLIS</p> <p>CURSO: ENGENHEIRO CIVIL DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL</p>	
	<p>EDIFÍCIO UNIFAMILIAR</p> <p>Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil</p>	
<p>prancha:</p> <p style="font-size: 2em;">03</p> <p>total:</p> <p>03</p>	<p>escala:</p> <p>1/100</p> <p>data:</p> <p>02/03/22</p>	
<p>projeto:</p> <p>PROJETO ALVENARIA ESTRUTURAL</p> <p>aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS</p>	<p>discriminação:</p> <p>3D - Alvenaria Estrutural</p>	

APÊNDICE D – Planilha Orçamentária de Concreto Armado

ORÇAMENTO ANALÍTICO - CONCRETO ARMADO								
Item	Cód.	Discriminação	Und.	Qnt.	Preço Unit. (R\$)	Preço Serviço (R\$)	Preço Material (R\$)	Preço Total (R\$)
1	Estrutura de Concreto							
1.1	Sapatas							
1.1.1	96521	ESCAVAÇÃO MECANIZADA C/ RETROESCAVADEIRA	m³	56,95	40,55	760,05	1549,27	2309,32
1.1.2	93382	REATERRO MANUAL C/ COMPACTAÇÃO MECANIZADA.	m³	54,60	27,12	898,29	582,51	1480,81
1.1.3	96538	FÔRMA PARA SAPATA	m²	17,50	173,63	1388,23	1650,29	3038,53
1.1.4	96545	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8 MM	Kg	109,70	18,54	319,27	1714,57	2033,84
1.1.5	96546	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10 MM	Kg	172,70	16,64	371,59	2502,14	2873,73
1.1.6	96547	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM	Kg	0,00	14,11	0,00	0,00	0,00
1.1.7	96548	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 16 MM	Kg	0,00	13,45	0,00	0,00	0,00
1.1.8	96558	CONCRETAGEM DE SAPATAS, 30 MPA, C/ BOMBA LANÇA	m³	8,60	1008,31	149,48	8521,98	8671,47
1.1.9	96617	LASTRO DE CONCRETO MAGRO.	m²	28,48	21,84	161,00	460,90	621,89
					TOTAL	R\$ 4.047,92	R\$ 16.981,66	R\$ 21.029,58
1.2	Baldrame							
1.2.1	96526	ESCAVAÇÃO MANUAL P/ VIGA BALDRAME.	m³	12,30	105,68	402,22	897,64	1299,86
1.2.2	93382	REATERRO MANUAL C/ COMPACTAÇÃO MECANIZADA.	m³	42,16	27,12	693,59	449,77	1143,35
1.2.3	96539	FÔRMA PARA VIGA BALDRAME	m²	132,00	100,21	6099,00	7128,72	13227,72
1.2.4	96543	ARMAÇÃO AÇO CA-60 DE 5 MM.	Kg	128,89	20,61	735,45	1921,00	2656,45
1.2.5	96544	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 6,3 MM.	Kg	27,23	19,60	110,67	422,95	533,62
1.2.6	96545	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8 MM.	Kg	175,32	18,54	510,26	2740,24	3250,50
1.2.7	96546	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10 MM.	Kg	174,39	16,64	375,23	2526,65	2901,87
1.2.8	96547	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM.	Kg	94,28	14,11	150,03	1180,29	1330,32
1.2.9	96548	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 16 MM.	Kg	38,86	13,45	43,36	479,32	522,69
1.2.10	96549	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 20 MM.	Kg	6,82	15,09	5,49	97,50	102,99
1.2.11	96557	CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAMES, 30 MPA, C/ USO DE BOMBA LANÇA.	m³	8,20	1001,78	104,72	8109,87	8214,60
1.2.12	98562	IMPERMEABILIZAÇÃO DE VIGA BALDRAME.	m²	112,03	43,37	1875,78	2982,82	4858,61
					TOTAL	R\$ 11.105,81	R\$ 28.936,76	R\$ 40.042,57
1.3	Pilares							
1.3.1	92415	FÔRMA DE PILARES.	m²	146,70	103,92	6726,89	8518,18	15245,06
1.3.2	92775	ARMAÇÃO AÇO CA-60 DE 5,0 MM.	Kg	220,70	20,66	1303,71	3255,95	4559,66
1.3.3	92778	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10,0 MM.	Kg	316,40	16,58	664,89	4581,03	5245,91
1.3.4	92779	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM.	Kg	392,90	13,96	585,69	4899,20	5484,88

1.3.5	92780	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 16,0 MM.	Kg	36,80	13,25	35,94	451,66	487,60
1.3.6	92781	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 20,0 MM.	Kg	45,10	14,84	28,51	640,77	669,28
1.3.7	92720	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 30 MPA, C/ USO DE BOMBA.	m³	8,50	945,30	175,97	7859,08	8035,05
					TOTAL	R\$ 9.521,59	R\$ 30.205,86	R\$ 39.727,46
1.4	Vigas							
1.4.1	92447	FÔRMA DE VIGA.	m²	275,20	142,58	12277,43	26960,58	39238,02
1.4.2	92775	ARMAÇÃO AÇO CA-60 DE 5,0 MM.	Kg	216,71	20,66	1280,13	3197,06	4477,20
1.4.3	92776	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 6,3 MM.	Kg	45,77	19,66	190,94	708,99	899,93
1.4.4	92777	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8,0 MM.	Kg	294,78	18,53	865,89	4596,32	5462,20
1.4.5	92778	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10,0 MM.	Kg	293,21	16,58	616,15	4245,25	4861,40
1.4.6	92779	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM.	Kg	158,52	13,96	236,30	1976,62	2212,92
1.4.7	92780	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 16,0 MM.	Kg	65,34	13,25	63,81	801,92	865,74
1.4.8	92781	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 20,0 MM.	Kg	11,48	14,84	7,25	163,04	170,29
1.4.9	92726	CONCRETAGEM DE VIGAS, FCK=30 MPA, C/ USO DE BOMBA	m³	17,40	911,44	301,58	15557,47	15859,06
					TOTAL	R\$ 15.839,49	R\$ 58.207,26	R\$ 74.046,74
1.5	Lajes							
1.5.1	92510	FÔRMA DE LAJE MACIÇA.	m²	278,00	51,24	4488,79	9755,93	14244,72
1.5.2	92784	ARMAÇÃO AÇO CA-60 DE 5,0 MM.	Kg	436,91	18,51	1812,82	6274,47	8087,29
1.5.3	92785	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 6,3 MM.	Kg	469,20	18,01	1354,12	7096,14	8450,26
1.5.4	92786	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8,0 MM.	Kg	455,11	17,26	905,84	6949,35	7855,19
1.5.5	92787	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10,0 MM.	Kg	472,10	15,57	655,70	6694,84	7350,54
1.5.6	92788	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM.	Kg	231,70	13,21	217,46	2843,31	3060,77
1.5.7	92726	CONCRETAGEM DE LAJES MACIÇAS, FCK=30 MPA, C/ USO DE BOMBA.	m³	36,80	911,44	637,83	32903,16	33540,99
1.5.8	94966	CONCRETO BETONEIRA 400 L P/ SOBREPISO.	m³	14,05	657,12	761,06	8473,44	9234,51
					TOTAL	R\$ 10.833,62	R\$ 80.990,65	R\$ 91.824,27
2	Paredes de Fechamento							
2.1	87511	ALVENARIA BLOCOS CERÂMICOS DE 9X19X19CM - C/ VÃOS.	m²	42,51	94,55	2009,61	2009,61	4019,23
2.2	87495	ALVENARIA BLOCOS CERÂMICOS DE 9X19X19CM - S/ VÃOS.	m²	383,15	80,97	14659,94	16363,96	31023,90
2.3	93203	ENCUNHAMENTO DE ALVENARIA C/ ESPUMA DE POLIURETANO.	m	210,15	12,17	326,80	2230,67	2557,46

2.4	93186	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ JANELAS C/ ATÉ 1,5 M DE VÃO.	m	14,40	78,46	252,47	877,35	1129,82	
2.5	93187	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ JANELAS C/ MAIS 1,5 M DE VÃO.	m	22,40	92,01	414,05	1646,97	2061,02	
2.6	93196	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO.	m	14,40	77,23	252,50	859,62	1112,11	
2.7	93197	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ VÃOS DE MAIS DE 1,5 M DE COMPRIMENTO.	m	22,40	86,88	415,48	1530,63	1946,11	
2.6	93188	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ PORTAS C/ ATÉ 1,5 M DE VÃO.	m	23,60	68,93	389,54	1237,21	1626,75	
2.7	93189	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO P/ PORTAS C/ MAIS DE 1,5 M DE VÃO.	m	11,60	92,24	211,71	858,27	1069,98	
						TOTAL	R\$ 18.932,10	R\$ 27.614,29	R\$ 46.546,39
3	Revestimento								
3.1	87879	CHAPISCO - TRAÇO 1:3 PAREDES INTERNAS E EXTERNAS.	m ²	893,89	4,31	1495,20	2357,47	3852,67	
3.2	87775	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA - TRAÇO 1:2:8 - C/ VÃOS.	m ²	89,27	54,36	2269,65	2583,01	4852,66	
3.3	87792	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA - TRAÇO 1:2:8 - S/ VÃOS.	m ²	804,62	37,88	11389,29	19089,77	30479,05	
						TOTAL	R\$ 15.154,14	R\$ 24.030,24	R\$ 39.184,38
TOTAL (R\$)							R\$ 85.434,66	R\$ 266.966,73	R\$ 352.401,39
TOTAL + BDI (R\$)							R\$ 102.521,60	R\$ 320.360,07	R\$ 422.881,67

APÊNDICE E – Planilha Orçamentária de Alvenaria Estrutural

ORÇAMENTO ANALÍTICO - ALVENARIA ESTRUTURAL								
Item	Cód.	Discriminação	Und.	Qnt.	Preço Unit. (R\$)	Preço Mão de Obra (R\$)	Preço Material (R\$)	Preço Total (R\$)
1	Estrutura de Concreto							
1.1	Radier = 15 cm							
1.1.1	97083	COMPACTAÇÃO MECÂNICA A PERCUSSÃO P/ RADIER.	m ²	146,64	2,77	270,29	135,90	406,19
1.1.2	97086	FÔRMA PARA RADIER.	m ²	9,38	108,15	578,41	435,82	1014,23
1.1.3	97087	LONA PLÁSTICA PARA RADIER.	m ²	200,00	1,86	59,60	312,40	372,00
1.1.4	92785	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 6,3 MM.	Kg	515,07	18,01	1486,52	7789,96	9276,48
1.1.5	92786	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8,3 MM.	Kg	1281,89	17,26	2551,45	19573,98	22125,42
1.1.5	97096	CONCRETAGEM DE RADIER 30 MPA - C/ BOMBA.	m ³	22,00	923,59	265,07	20050,21	20315,29
1.1.6	95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO DE 3 CM.	m ²	146,64	21,18	757,59	2348,24	3105,84
1.1.7	98555	IMPERMEABILIZAÇÃO C/ ARGAMASSA POLIMÉRICA - 3 DEMÃOS	m ²	146,64	24,85	1472,01	2171,99	3644,00
					TOTAL	R\$ 7.440,94	R\$ 52.818,50	R\$ 60.259,45
1.2	Lajes							
1.5.1	92510	FÔRMA PARA LAJE MACIÇA.	m ²	278,00	51,24	4488,79	9755,93	14244,72
1.5.2	92784	ARMAÇÃO AÇO CA-60 DE 5,0 MM.	Kg	436,91	18,51	1812,82	6274,47	8087,29
1.5.3	92785	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 6,3 MM.	Kg	469,20	18,01	1354,12	7096,14	8450,26
1.5.4	92786	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 8,0 MM.	Kg	455,11	17,26	905,84	6949,35	7855,19
1.5.5	92787	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 10,0 MM.	Kg	472,10	15,57	655,70	6694,84	7350,54
1.5.6	92788	ARMAÇÃO AÇO CA-50 DE 12,5 MM	Kg	231,70	13,21	217,46	2843,31	3060,77
1.5.7	92726	CONCRETAGEM DE LAJES MACIÇAS 30 MPA - C/ BOMBA	m ³	36,80	911,44	637,83	32903,16	33540,99
					TOTAL	R\$ 10.072,56	R\$ 72.517,20	R\$ 82.589,76
2	Paredes Estruturadas							
2.1	89457	BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, FBK = 4,5 MPA - C/ VÃOS.	m ²	93,27	78,54	1477,41	5848,01	7325,43
2.2	89453	BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, FBK = 4,5 MPA - S/ VÃOS.	m ²	490,05	74,30	6734,36	29676,35	36410,72
2.3	89993	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ³	3,45	1177,36	975,59	3082,77	4058,36
2.4	89994	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ³	0,54	1056,03	105,00	461,96	566,96
2.5	89995	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ³	1,30	1146,33	340,10	1155,61	1495,71
2.6	89995	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ³	3,07	1146,33	800,28	2719,24	3519,52

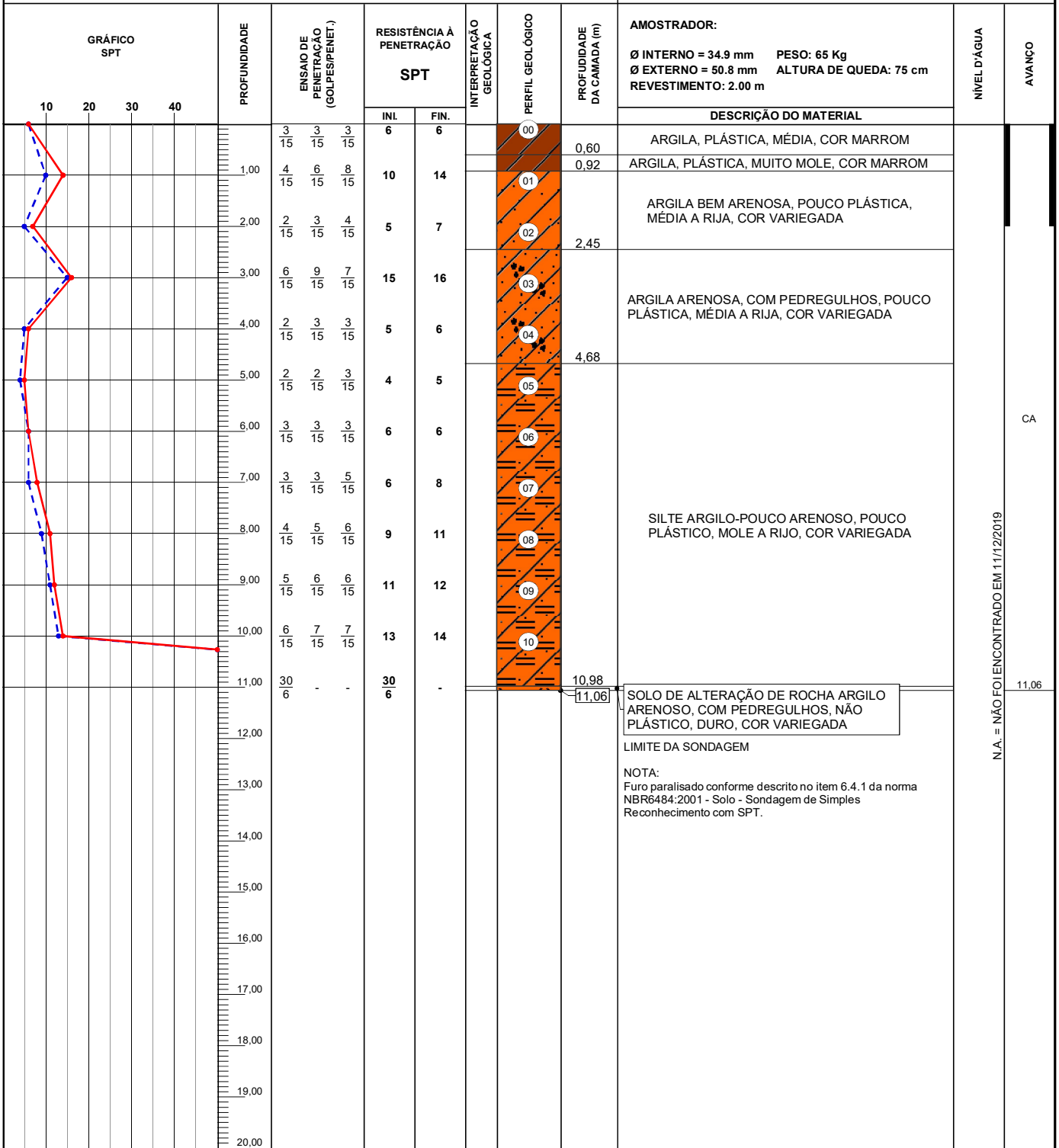
2.7	89996	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM.	Kg	497,30	13,94	780,27	6152,12	6932,39	
2.8	89998	ARMAÇÃO DE CINTA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM.	Kg	309,53	13,50	385,82	3792,88	4178,70	
2.9	90000	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM.	Kg	81,70	15,85	241,40	1053,47	1294,87	
						TOTAL	R\$ 11.840,24	R\$ 53.942,42	R\$ 65.782,65
3	Revestimento								
3.1	87553	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA - TRAÇO 1:2:8 - 10 mm	m ²	1073,84	19,38	6673,77	14137,15	20810,92	
						TOTAL	R\$ 6.673,77	R\$ 14.137,15	R\$ 20.810,92
TOTAL (R\$)						R\$ 36.027,51	R\$ 193.415,27	R\$ 229.442,78	
TOTAL + BDI (R\$)						R\$ 43.233,01	R\$ 232.098,33	R\$ 275.331,34	

ANEXOS

ANEXO A – Perfis de Sondagem SPT

**SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT
NBR 6484/01**

CLIENTE:		SONDAGEM À PERCUSSÃO	SP 01
OBRA:	Florianópolis	INÍCIO:	11/12/2019
LOCAL:	Rua Vera Linhares de Andrade	TÉRMINO:	11/12/2019
		COTA:	14,00
		COORD. N:	6945265,00
		E:	747288,00

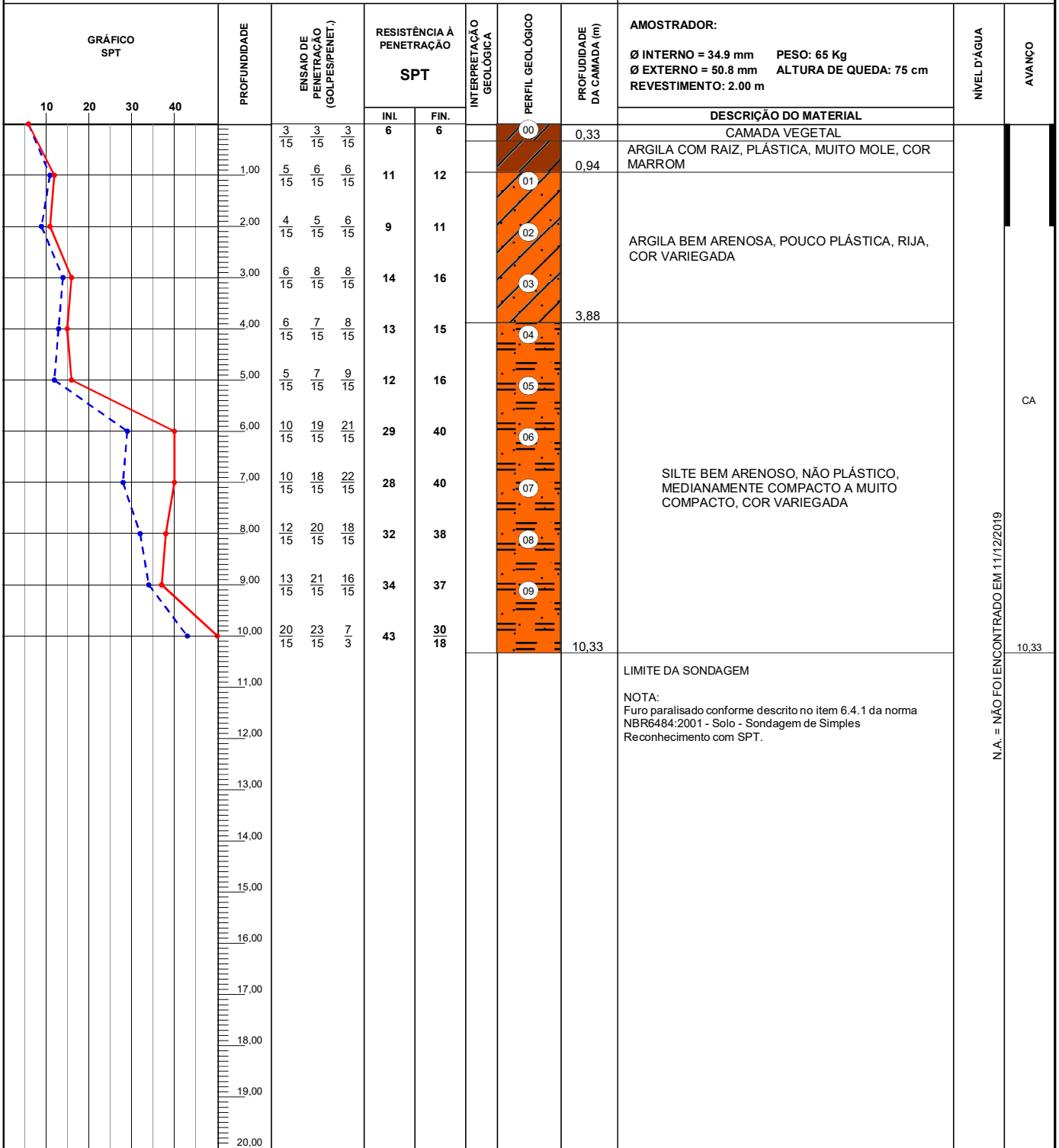


OBS.:
Não foi encontrado N.A. - furo fechou, aterro.

LEGENDAS:			
30 cm INICIAIS	---	•	30 cm FINAIS
TRADO CAVADEIRA - TC	•	•	TRADO HELICOIDAL - TH
		•	CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA
			REVESTIMENTO
DATA:	TRABALHO N°:	FOLHA:	
17/12/2019		1	
ESCALA:	DESENHISTA:	SONDADOR:	
1/100			

**SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT
NBR 6484/01**

CLIENTE:		SONDAGEM À PERCUSSÃO	SP 02
OBRA:	Florianópolis	INÍCIO:	11/12/2019
LOCAL:	Rua Vera Linhares de Andrade	TÉRMINO:	11/12/2019
		COTA:	14,00
		COORD. N:	6945252,00
		E:	747295,00



OBS.:
Não foi encontrado N.A. - furo fechou na profundidade de 2,60 m.

LEGENDAS: 30 cm INICIAIS - - - - • 30 cm FINAIS ———— TRADO CAVADEIRA - TC • TRADO HELICOIDAL - TH • CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA • REVESTIMENTO			
DATA:	TRABALHO N°:	FOLHA:	
17/12/2019		1	
ESCALA:	DESENHISTA:	SONDADOR:	
1/100			