



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

REGINALDO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DIRETOS ENTRE UMA
ESTRUTURA INDEPENDENTE EM CONCRETO ARMADO E OUTRA EM
ALVENARIA ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR**

JOÃO PESSOA

2020

REGINALDO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DIRETOS ENTRE UMA
ESTRUTURA INDEPENDENTE EM CONCRETO ARMADO E OUTRA EM
ALVENARIA ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito para
obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enildo Tales
Ferreira

JOÃO PESSOA
2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e
Classificação

S586a Silva Junior, Reginaldo Jose da.

ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DIRETOS ENTRE UMA ESTRUTURA
INDEPENDENTE EM CONCRETO ARMADO E OUTRA EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

MULTIFAMILIAR / Reginaldo Jose da Silva Junior. - João Pessoa, 2020.

82 f. : il.

Orientação: Enildo Ferreira. TCC
(Graduação) - UFPB/CT.

UFPB/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

REGINALDO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

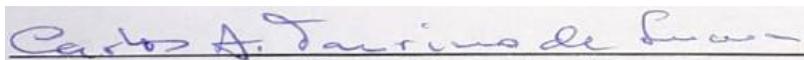
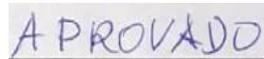
ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DIRETOS ENTRE UMA ESTRUTURA INDEPENDENTE EM CONCRETO ARMADO E OUTRA EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 03/12/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



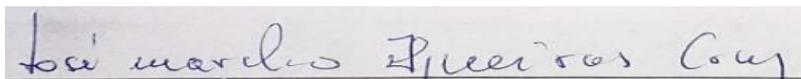
Enildo Tales Ferreira

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



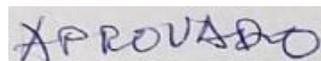
Carlos Antônio Taurino de Lucena

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



José Márcio Filgueiras Cruz

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



Profª. Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Como não poderia deixar de ser, o primeiro e maior agradecimento que faço é a Deus. Sem Ele, nenhuma das pessoas que aqui citarei teria entrado na minha vida. Sem Ele, a UFPB não me teria aberto as portas do ensino superior. Deus é a fonte de toda benção.

Gratidão aos meus pais, Reginaldo e Ivanise. Todo amor, paciência, carinho, e ensinamentos passados contribuíram grandemente na minha formação como filho, estudante e homem que hoje sou.

Aos meus irmãos, Jacqueline, Janaina, Neto e Vanessa. Cada um à sua maneira esteve comigo antes e durante essa árdua caminhada. Sei que com eles posso contar sempre e em qualquer ocasião.

À minha namorada, Karina. Fonte de felicidade, força, porto seguro e muita paz nos momentos que tanto precisei.

Aos meus grandes amigos, José de Anchiêta, Lucas Queiroz, Dário Lima e Byanca Evely. Pessoas que estiveram sempre ao meu lado e sem as quais teria sido impossível transpor todas as barreiras que me foram apresentadas nos anos de graduação. Esses levarei como irmãos de batalha durante toda a vida.

Aos meus amigos do Piratas FC, maior e mais vencedor time da história da Copa Civil de Futsal da UFPB. Vocês foram grandes companheiros de vitórias inesquecíveis e que jamais serão superadas.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Enildo Tales, aos demais professores componentes da banca examinadora: Dr. Marcílio Filgueiras e Dr. Taurino de Lucena. Sou grato também a todos os outros docentes na UFPB, os quais foram grandes mestres.

Aos meus professores do ensino fundamental e médio: Lídia, Solange, Ana Karoline e Hércules. Sem deixar de reconhecer a importância de todos os outros, esses foram e são de valiosa e diferenciada importância para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço também a qualquer um que de alguma forma tenha contribuído para a realização do sonho da graduação.

RESUMO

Este estudo de caso tem como objetivo comparar economicamente duas das técnicas construtivas mais difundidas no Brasil e no mundo: alvenaria estrutural e concreto armado. Através de dois projetos estruturais oriundos da mesma arquitetura, foram quantificados os insumos e elaborados orçamentos para a verificação de qual sistema seria mais econômico na execução da estrutura e da vedação.

A crescente competitividade no setor da construção civil torna indispensável um bom planejamento as construtoras, incorporadoras e demais corporações que almejam sucesso no mercado. A escolha do modelo estrutural que mais se adequa ao empreendimento em questão é de fundamental importância nesse aspecto.

Inicialmente é apresentada uma sucinta revisão bibliográfica dos dois sistemas, contendo um breve histórico, apresentação de seus principais componentes, bem como vantagens e desvantagens na adoção de cada um deles.

Em seguida são apresentados o projeto em alvenaria estrutural cedido pela construtora responsável para execução do empreendimento e o projeto em estrutura independente de concreto armado, desenvolvido nesse trabalho.

Ao final, os quantitativos dos insumos são calculados para desenvolver e comparar os orçamentos dos dois modelos.

Os resultados apresentados podem servir de parâmetro inicial para definição da técnica construtiva a ser utilizada em empreendimentos semelhantes ao abordado.

Palavras chave: Alvenaria estrutural, concreto armado, orçamento, estruturas.

ABSTRACT

This case study aims to economically compare two of the most widespread construction techniques in Brazil and in the world: structural masonry and reinforced concrete. Through two structural projects originating from the same architecture, the inputs were quantified and budgets were elaborated to verify which system would be more economical in the execution of the structure and the fence.

The growing competitiveness in the civil construction sector makes good planning indispensable for construction companies, developers and the like who are looking for success in the market. The choice of the structural model that best suits the enterprise in question is of fundamental importance in this respect.

Initially, a brief bibliographic review of the two systems is presented, containing a brief history, presentation of its main components, as well as advantages and disadvantages in the adoption of each of them.

Then the structural masonry project provided by the construction company responsible for the execution of the project and the project in an independent reinforced concrete structure developed in this work by the author are presented.

At the end, the quantity of inputs are calculated to develop and compare the budgets of the two models.

The results presented can serve as an initial parameter for defining the constructive technique to be used in projects similar to the one addressed.

Keywords: Structural masonry, reinforced concrete, budget, structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As Pirâmides de Gizé.....	16
Figura 2 - Catedral de Notre Dame - Paris.....	17
Figura 3 - Hotel e Cassino Excalibur – Las Vegas	17
Figura 4 - Blocos estruturais cerâmico e de concreto	19
Figura 5 - Grauteamento	22
Figura 6 - Aço usado em cinta na alvenaria estrutural	23
Figura 7 - Barco de Lambot.....	25
Figura 8 - Edifício "A Noite"	26
Figura 9 - Diagramas de tensão deformação de aços: laminado X trefilados ..	33
Figura 10 - Laje maciça de concreto sendo armada	35
Figura 11 - Lajes lisa, com alargamento e cogumelo	36
Figura 12 - Laje nervurada	37
Figura 13 - Viga de concreto armado	38
Figura 14 - Esquema de montagem de pilares.....	39
Figura 15-Planta baixa do pavimento tipo	42
Figura 16 - Árvore de pavimentos	43
Figura 17 - Modelagem da estrutura do edifício em concreto armado	43
Figura 18 - Gráfico para carga nos pilares	44
Figura 19 - Gráfico para flambagem nos pilares	45
Figura 20 - Pré-lançamento dos pilares no pavimento tipo	46
Figura 21 - Pré dimensionamento de vigas de acordo com o vão.....	47
Figura 22 - Pré-lançamento das vigas do pavimento tipo	49
Figura 23 - Tipos de vigotas treliçadas.....	50
Figura 24 - Pré-lançamento das lajes do pavimento tipo	52
Figura 25 - Pré-lançamento das vigas no nível Fundação	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporções usuais de insumos no preparo de argamassas	20
Tabela 2 - Proporções recomendadas para a dosagem do graute	21
Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.....	24
Tabela 4 - Classe de Resistência dos Concreto Estruturais	29
Tabela 5 - Características das barras	31
Tabela 6 - Características dos fios	31
Tabela 7 - Limites mínimos para espessura das lajes maciças.....	34
Tabela 8 - Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede ..	40
Tabela 9 - Vantagens e desvantagens do concreto armado	40
Tabela 10 - Orçamento Alvenaria Estrutural	57
Tabela 11 - Orçamento Concreto Armado	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo do Volume de Concreto	59
Gráfico 2 - Comparativo de Área de Fôrmas.....	59
Gráfico 3 - Comparativo do Consumo de Aço	60
Gráfico 4 - Comparativo do Preço da Alvenaria	61
Gráfico 5 - Comparativo dos Preços Finais da Estrutura	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Considerações Iniciais e Justificativas	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivos Gerais	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Alvenaria Estrutural	15
2.1.1 Breve Histórico.....	15
2.1.2 Definições e Conceitos	18
2.1.3 Elementos.....	18
2.1.3.1 <i>Bloco</i>	18
2.1.3.2 <i>Argamassa de Assentamento</i>	20
2.1.3.3 <i>Graute</i>	21
2.1.3.4 <i>Armadura</i>	22
2.1.4 Critérios para Adoção do Sistema	23
2.1.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema	24
2.2 Concreto Armado	25
2.2.1 Breve Histórico.....	25
2.2.2 Definições e Conceitos	26
2.2.3 Elementos.....	28
2.2.3.1 <i>Concreto</i>	28
2.2.3.2 <i>Aço</i>	30
2.2.4 Concepção Estrutural	33
2.2.4.1 <i>Lajes</i>	33
2.2.4.2 <i>Vigas</i>	37
2.2.4.3 <i>Pilares</i>	39
2.2.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema	40
3 METODOLOGIA	41
3.1 Considerações Iniciais	41
3.2 Dimensionamento da Estrutura Independente	42
3.2.1 Dimensionamento dos Pilares	44
3.2.2 Dimensionamento das Vigas	46
3.2.3 Dimensionamento das Lajes.....	50

3.2.3 Dimensionamento das Fundações.....	52
3.2.4 Elementos Pré-Moldados.....	54
4 APRESENTAÇÃO E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS	55
4.1 Quantitativos da Alvenaria Estrutural	55
4.2 Quantitativos do Concreto Armado.....	55
4.3 Orçamento e Análise dos Resultados	56
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	65
ANEXO A – COMPOSIÇÕES UTILIZADAS NO ORÇAMENTO DO PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	70
ANEXO B – COMPOSIÇÕES UTILIZADAS NO ORÇAMENTO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO.....	74
ANEXO C – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL FUNDAÇÃO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	79
ANEXO D – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TÉRREO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	80
ANEXO E – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TIPO 1 DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	81
ANEXO F – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TIPO 2 DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	82
ANEXO G – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL BARRILETE DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	83
ANEXO H – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL CAIXA D'ÁGUA DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais e Justificativas

O Brasil viveu há cerca de uma década uma fase muito aquecida no mercado da construção civil. A demanda pela construção de edificações residenciais e comerciais foi enorme, fazendo com que até mesmo profissionais de outras áreas investissem no setor. Porém, os tempos atuais são bem diferentes, havendo uma preocupação maior com os empreendimentos no que se refere à busca por sistemas construtivos mais econômicos.

A alvenaria estrutural, apesar de nova quando comparada ao sistema independente com lajes, vigas e pilares em concreto armado, vem tomando espaço no mercado por mostrar inúmeras vantagens, tais como agilidade na execução e diminuição na geração de resíduos. Esses e outros fatores tornam essa técnica viável economicamente em várias ocasiões.

Apesar das vantagens apresentadas pela alvenaria estrutural, o sistema apresenta falhas em alguns aspectos, principalmente arquitetônicos. Grandes vãos e altura elevada da edificação tornam difícil a aplicação desse método com estrutura dependente das paredes e o concreto armado acaba por ganhar espaço nessas situações.

Com relação à bibliografia, o concreto armado, por ser uma técnica consagrada e difundida há muitos anos, leva bastante vantagem. O acervo para consultas sobre estruturas independentes é bem mais amplo e variado.

Diante disso, é fácil afirmar que não existe técnica construtiva melhor ou pior que a outra, mas sim a mais indicada para cada projeto arquitetônico. Com o intuito de auxiliar nessa difícil decisão, o presente estudo de caso comparou os valores dos custos dos insumos e mão de obra das duas metodologias para execução das alvenarias e estrutura. Com isso, espera-se que esse trabalho possa servir como parâmetro inicial para escolha entre alvenaria estrutural e concreto armado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

- Comparar quantitativamente os custos de insumos e mão de obra para a construção da estrutura completa e das paredes dos dois modelos construtivos adotados e verificar qual dos dois sistemas estruturais mais se adequa ao projeto arquitetônico em estudo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os sistemas construtivos abordados de modo sucinto.
- Conceber um projeto estrutural em concreto armado que atenda às normas vigentes e ao projeto arquitetônico em estudo.
- Orçar a construção das estruturas e alvenarias correspondentes aos dois modelos adotados, chegando aos valores finais de custos de mão de obra e insumos.
- Comparar os orçamentos e comentar os resultados nos aspectos qualitativos que influenciaram na escolha do método construtivo para a situação abordada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A construção civil tem evoluído suas práticas e tal fato tem gerado uma concorrência cada vez mais acentuada nos mais variados setores do mercado. A velocidade da transmissão de informação e, por consequência, a possibilidade de mudanças frequentes nas técnicas de geração de produtos têm tornado missão cada dia mais difícil o sucesso no mundo empresarial.

No ramo da construção civil, assim como em qualquer outro, é indispensável fazer as escolhas corretas para que cada obra tenha um bom desfecho. Dentre esses desafios, um dos mais importantes é o de selecionar o método construtivo adequado, pois é importante dizer que não existe a opção perfeita, mas a que trará maiores benefícios àquele determinado caso.

2.1 Alvenaria Estrutural

Atualmente existem várias técnicas construtivas. Uma das mais antigas e mais usuais é a alvenaria estrutural, método que se utiliza das paredes para suporte e transmissão das cargas, além de função de vedação e divisão de cômodos.

2.1.1 Breve Histórico

Uma das necessidades mais rudimentares é a do abrigo, pois este oferece proteção contra intempéries, acolhimento aos ocupantes, dentre outros. Nesse sentido, dentre todos os métodos construtivos existentes, a alvenaria estrutural é certamente um dos que contribuiu para a humanidade.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo tradicional e um dos mais antigos empregados na construção civil, utilizada desde as antigas civilizações na execução dos mais variados tipos de edificações, como palácios, catedrais, templos e pirâmides. Utilizando blocos irregulares de pedra ou de outros materiais, como a argila, as construções eram planejadas de forma empírica, com técnicas passadas de geração para geração e avanços com base em experiências anteriores. (BECKENCAMP, 2013, p. 14).

As principais construções que marcaram a humanidade, pelos aspectos estruturais e arquitetônicos, eram compostas por blocos de pedra ou cerâmicos intertravados com ou sem um material ligante, como pode ser visto em construções como As Pirâmides do Egito, o Farol de Alexandria, o Coliseu Romano, a Catedral de Notre Dame, Pontes e Castelos (SANCHEZ, 2013, p 1).

Há várias construções históricas muito famosas que usam as paredes como estrutura para suporte das cargas.

Figura 1 - As Pirâmides de Gizé



Fonte: Modificado de Bernardes (2019, p. 1).

Como não havia grande tecnologia à época, as civilizações fizeram uso da criatividade e de muita capacidade cognitiva para tirar os projetos do imaginário dos grandes reis, imperadores, faraós e grupos poderosos da antiguidade.

“As formas estruturais básicas que contribuíram para o desenvolvimento das técnicas construtivas foram: cúpula, viga, pórtico, abóbada e arco. As formas e os materiais disponíveis à época proporcionaram verticalidade, horizontalidade e maiores vãos internos às construções.” (GIHAD; MACHADO e JANTSCH, 2018, p. 10).

“A presença de blocos de pedra ou cerâmicos como material estrutural tornava o sistema estrutural mais limitado, em que a tipologia em arco permitia

vencer grandes vãos, sem surgir tensões que levassem o material à ruptura.
(SANCHEZ, 2013, p. 1)

Figura 2 - Catedral de Notre Dame - Paris



Fonte: Modificado de Agência Estado. (2019, p. 1).

Além de mostrar seu valor desde a pré-história, a alvenaria estrutural também é protagonista em obras recentes que encantam pela beleza e ousadia.

Figura 3 - Hotel e Cassino Excalibur – Las Vegas



Fonte: Modificado de Liga Sul Incorporadora (2020, p. 2).

2.1.2 Definições e Conceitos

Camacho (2013) conceitua a alvenaria estrutural como sendo o método construtivo no qual os elementos de alvenaria são os que desempenham função estrutural, sendo concebidos, dimensionados e executados de maneira racional.

Sabbatini (2002) descreve a alvenaria estrutural como aquela que utiliza os blocos como principal suporte estrutural em edifícios e tem seu projeto mensurado partindo de cálculos racionalizados. Seu uso pressupõe segurança, projeto e execução com responsabilidades bem definidas à profissionais especializados.

De acordo com os tipos de esforços existentes na estrutura, a alvenaria estrutural pode ser classificada de diferentes maneiras:

- Alvenaria não-armada: a armadura dos elementos tem papel apenas construtivo e de prevenção às patologias, não sendo considerada como resistente aos esforços solicitantes.
- Alvenaria armada: ocorre quando há necessidade de armaduras passivas que auxiliem na resistência dos elementos aos esforços solicitantes. Elas são posicionadas entre os blocos e posteriormente preenchidas com micro-concreto.
- Alvenaria estrutural protendida: ocorre quando existem armaduras ativas entre os elementos resistentes.

2.1.3 Elementos

O presente item descreverá os principais componentes da alvenaria estrutural: bloco, argamassa de assentamento, graute e armadura.

2.1.3.1 *Bloco*

Responsável pela maior parte do volume das paredes, o bloco estrutural é talvez o mais importante componente da alvenaria. A escolha desse elemento deve ser feita com precisão, observando não apenas os fatores econômicos, mas também qualidade, facilidade de acesso, aspectos estéticos, entre outros. As características de resistência à compressão, ao fogo, à penetração de água e isolamento térmico são conferidas à construção pelos blocos.

Existem blocos de concreto, cerâmicos, sílico-calcáreos, de concreto celular, entre outros.

No Brasil, a maioria das construções em alvenaria estrutural é feita com blocos de concreto. A vantagem desta opção é que as normas brasileiras de cálculo e execução em alvenaria estrutural são apropriadas para esses blocos, talvez por influência da tecnologia americana, em lugar da europeia. No caso de se utilizarem blocos cerâmicos é necessário fazer certas adaptações nos coeficientes das normas ou mesmo consultar normas internacionais, como, por exemplo, a BS 5628/78. O bloco cerâmico, apesar de ser menos utilizado, tem como vantagem o aspecto estético da construção, permitindo, em alguns casos, reduzir ou dispensar revestimentos. Além disso, são mais leves que os blocos de concreto, facilitando com isso seu manuseio na obra, uma vez que os pedreiros normalmente os seguram com apenas uma das mãos e necessitam de agilidade para assentá-los, para não prejudicar o ritmo da produção. O fato de serem mais leves implica também em menor ação sobre a fundação, o que também é vantajoso do ponto de vista econômico. (ACCETTI, 1998, p. 10).

Figura 4 - Blocos estruturais cerâmico e de concreto



Fonte: Modificado de Santana (2019, p. 1).

2.1.3.2 Argamassa de Assentamento

Na alvenaria estrutural a função da argamassa é fazer a ligação entre os blocos, transformando-os em uma estrutura única. Na maioria dos casos, esse material é composto por cimento e cal como aglomerantes e areia como agregado, além de quantidade suficiente de água para dar-lhe trabalhabilidade e plasticidade.

Argamassas mais fortes (só de cimento e areia) não são recomendadas, pois são muito rígidas e tem baixa capacidade de absorver deformações. Em contrapartida, argamassas muito fracas (só de cal e areia, por exemplo) tem resistência a compressão e aderência muito baixas, prejudicando a resistência da parede. (SILVA, 2019, p. 22).

Estruturalmente, a principal função da argamassa é a transferência uniforme das tensões entre os tijolos e os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais dos mesmos. Além disto, deve unir solidariamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistirem aos esforços laterais. (ROMAN; SIGNOR; RAMOS e MOHAMAD, 2002, p. 50).

Conforme a afirmação Ramalho e Corrêa (2003), é muito importante que o profissional responsável pelo projeto tenha conhecimento acerca da resistência média à compressão da argamassa, pois assim atenderá aos parâmetros exigidos pela NBR 10837:1989, a qual exige valores diferentes de tensão admissível à tração e ao cisalhamento para os blocos estruturais de acordo com esse parâmetro. No entanto, os autores ressaltam que a plasticidade é a propriedade que permite a transferência de cargas de modo correto entre toda a estrutura, sendo assim o item mais significativo.

Tabela 1 – Proporções usuais de insumos no preparo de argamassas

TRAÇOS USUAIS DE ARGAMASSA	
Traços em Volume (Cimento:Cal:Areia)	Resistência Aproximada aos 28 dias em obra (Mpa)
1 : 2 : 9	2,5
1 : 1 : 6	4,5
1 : 0,6 : 6	5,8
1 : 0,6 : 5	7,5

Fonte: Modificado de Silva (2019, p. 23).

2.1.3.3 Graute

O graute é um concreto composto por cimento, água, areia, pedrisco e, em alguns casos, cal. É necessária elevada trabalhabilidade e plasticidade para que esse material cumpra bem a função de solidarizar a alvenaria às armaduras, além de aumentar a resistência característica da estrutura.

Como se deseja uma elevada trabalhabilidade, o concreto deve ser bastante fluido. O ensaio de slump deve mostrar um abatimento entre 10 e 14 cm. A relação água/cimento deve estar entre 0,8 e 1,1 dependendo do módulo de finura da areia. A fixação do slump nesta faixa dependerá fundamentalmente da taxa de absorção inicial das unidades e da dimensão dos alvéolos. Quanto mais absorventes forem as unidades e menores forem seus alvéolos, maior deverá ser o slump da mistura. Ao se colocar o graute na alvenaria, estas retiram grande parte do excesso de água, deixando o mesmo com uma relação água/cimento final entre 0,5 e 0,6. (ROMAN; SIGNOR; RAMOS e MOHAMAD, 2002, p. 57).

De acordo com Sánchez (2013), é indispensável a correta dosagem dos componentes que formam o graute, pois só assim as paredes atingirão as características mecânicas esperadas. A realização de testes de prismas com os materiais utilizados na obra garante que se chegue à condição desejada. Entretanto, construções com esforços de pequena magnitude podem utilizar traços clássicos para execução do graute.

Tabela 2 - Proporções recomendadas para a dosagem do graute

	Materiais Constituintes		
	Cimento	Areia	Pedrisco
Sem Pedrisco	1	3 a 4	###
Com Pedrisco	1	2 a 3	1 a 2

Fonte – Modificado de Sánchez (2013, p. 103)

Figura 5 - Grauteamento



Fonte: Modificado de Lage (2016, p. 1).

2.1.3.4 Armadura

Embora a alvenaria estrutural seja responsável direta pelo papel de resistir aos esforços existentes, a armadura de aço também tem papel fundamental nessa técnica construtiva. É indispensável o uso desse material em locais onde houverem tensões de tração, pois os blocos não possuem boa resistência nesse caso.

Além do papel já citado, as armaduras também atuam no controle de fissuração por retração ou expansão, na conexão entre paredes, entre outros.

A armadura na alvenaria estrutural é utilizada para resistir a esforços de tração e cisalhamento. Eventualmente, pode ser utilizada para conectar paredes e outros elementos não estruturais, para evitar eventuais fissurações. Os tipos mais comuns são as barras de aço CA-50. Não se deve esquecer da proteção contra corrosão, devendo ser bem adensada e com cobertura adequado, conforme as especificações em projeto. (GIHAD; MACHADO e JANTSCH, 2018, p. 70).

Lavandoscki (2011) escreve que, assim como nas construções em concreto armado, a armadura, alvenaria e graute devem constituir uma estrutura

de comportamento monolítico. Para isso, os grauteamentos de todos os pontos especificados no projeto devem ser respeitados.

Figura 6 - Aço usado em cinta na alvenaria estrutural



Fonte: Modificado de Flausino (2017, p. 1).

2.1.4 Critérios para Adoção do Sistema

A escolha do método construtivo de qualquer empreendimento deve ter como norte a verificação dos aspectos técnicos e econômicos envolvidos em todos os sistemas disponíveis para execução da obra em questão. Algumas características são essenciais e, quando atendidas, tornam a opção pela alvenaria estrutural algo a ser discutido com atenção.

Estão listados abaixo os três fatores primordiais a serem observados antes de se optar pelo sistema em questão:

➤ **Altura da Edificação**

Para Ramalho e Corrêa (2003), nas condições do Brasil, o sistema em alvenaria estrutural é indicado para edificações de no máximo 16 pavimentos, pois não existem no mercado nacional blocos com resistência característica à compressão que possam suportar as tensões produzidas por prédios mais altos.

Além disso, as cargas de vento acima da elevação recomendada acarretariam em ações de tração e, em consequência, seria necessário maior volume de aço na armadura, o que comprometeria a economia da obra.

➤ Arranjo Arquitetônico

De acordo com Beckenkamp (2013), deve-se vetar o uso da alvenaria estrutural em caso de possibilidade de mudança na arquitetura da edificação. Em suma, o ideal é o conhecido método “parede sobre parede”, além de vãos que não passem dos 5 metros. É importante também atentar para a densidade das paredes estruturais, mantendo-se uma taxa média entre 0,5 e 0,7 metros de parede por m² de pavimento.

➤ Tipo de Uso

Segundo Figueiró (2009), a alvenaria estrutural é ideal para prédios residenciais de baixo e médio padrão, pois este tipo de empreendimento geralmente tem pequenos vãos e não costumam sofrerem mudanças arquitetônicas. Para edificações de uso comercial e industrial é desaconselhado o uso desse sistema construtivo, justamente pela exigência de grandes espaços livres e costumeiras mudanças estruturais e arquitetônicas.

2.1.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema

A seguir será apresentada uma tabela resumo com as principais vantagens e desvantagens do uso da alvenaria estrutural na elaboração de estruturas.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Limpeza no canteiro de obra	Necessidade de mão de obra especializada
Redução nas armaduras	Quase não permite mudança arquitetônica
Redução nas fôrmas	Possibilita pouca esbeltez
Menor tempo de execução	Interferência entre projetos
Menor desperdício de material e mão de obra	Exigência de rigoroso controle de qualidade
Redução no volume de revestimentos	Poucas opções de uso

Fonte – Autor (2020).

2.2 Concreto Armado

Dentre todos os métodos para construção de estruturas existentes, certamente a estrutura independente em concreto armado é um dos mais difundidos atualmente. Possibilitando grandes vãos, esbeltez e altura elevadas, a técnica que faz trabalhar em solidariedade aço e concreto está presente no cotidiano da humanidade.

2.2.1 Breve Histórico

“A cal hidráulica e o cimento pozolânico (de origem vulcânica) já eram conhecidos pelos romanos como aglomerante. O cimento Portland, tal como hoje conhecido, foi descoberto na Inglaterra por volta do ano de 1824, e a produção industrial foi iniciada após 1850.” (BASTOS, 2006, p. 19).

O concreto armado surgiu na França, no ano de 1849, onde Lambot desenvolveu um barco em argamassa armada, com o objetivo de construí-lo com um material que não se deteriorasse com o tempo em contato com a água. Inspirado no barco de Lambot, o paisagista francês Mounier começou a fabricar vasos de flores em argamassa armada e mais tarde tubos, reservatórios e até mesmo pontes. (BECKENCAMP, 2013, p. 29).

Figura 7 - Barco de Lambot



Fonte: Modificado de Fontana (2014, p. 2).

No Brasil, a primeira obra em concreto é de 1892, e consistia na construção de casas de habitação sob a responsabilidade do engenheiro civil Carlos Poma. Entre 1907 e 1908 é construído o primeiro edifício em concreto armado no Brasil, na cidade de São Paulo. Em 1928 é construído, na cidade do Rio de Janeiro, o edifício "A Noite", com 22 pavimentos e 102,8 m de altura, na época, o maior edifício em concreto armado do mundo. (BECKENCAMP, 2013, p. 29).

Figura 8 - Edifício "A Noite"



Fonte: Modificado de Coelho (2016, p. 1).

O grande desafio da tecnologia de concreto atualmente parece ser aumentar a durabilidade das estruturas, recuperar estruturas danificadas e em entender o complexo mecanismo químico e mecânico dos cimentos e concretos. Para isto, uma nova geração de concretos está sendo desenvolvida, métodos tradicionais de execução e cálculo de concreto estão sendo revistos, teorias não-lineares e da mecânica do fraturamento estão sendo desenvolvidas. (KAEFER, 1998, p. 40).

2.2.2 Definições e Conceitos

Segundo Carvalho e Filho (2014), concreto é um material gerado pela associação de água, cimento e agregados, podendo-se obter os seguintes resultados dessa mistura:

- Pasta: cimento + água;

- Argamassa: pasta + agregado miúdo;
- Concreto: argamassa + agregado graúdo;
- Microconcreto: concreto em que o agregado graúdo tem dimensões reduzidas;
- Concreto de Alto Desempenho: concreto que tenha resistência característica à compressão maior de 50 Mpa.

O concreto simples é um material de baixa capacidade de resistência à tração (possui cerca de 10% do que tem de resistência à compressão), assim se faz adequado, na maioria dos casos, o melhoramento dessa característica quando se deseja usá-lo em estruturas que apresentam esforços de tração. Dessa necessidade surge o concreto armado e, nesse sentido, a união ao aço é bastante útil. A solidarização entre ambos os materiais juntamente com os cuidados de proteção da armadura contra a corrosão possibilita uma vida útil maior para o concreto armado.

Devido ao fato de o concreto apresentar boa resistência à compressão, mas não à tração, a utilização de concreto simples se mostra muito limitada. Quando se faz necessária a resistência aos esforços de compressão e tração, associa-se o concreto a materiais que apresentem alta resistência à tração, resultando no concreto armado (concreto e armadura passiva) ou protendido (concreto e armadura ativa). (PORTO e FERNANDES, 2015, p. 17).

Além de entender uma das principais funções concreto armado, é importante conhecer outros conceitos ligados ao tema. Bastos (2006) lista alguns deles:

- Armadura Passiva: qualquer armadura que não produza tensões de protensão, ou seja, que não alongada antes de ser usada estruturalmente;
- Concreto Protendido: concreto associado à uma armadura que foi previamente alongada para gerar esforços de compressão ao ser incorporada ao elemento estrutural que forma;
- Armadura Ativa: armadura feita de aço estrutural usada no concreto protendido;

- Fissuração: aberturas nos elementos estruturais causadas pela baixa resistência do concreto à tração;

2.2.3 Elementos

O presente item descreverá os componentes do concreto armado: concreto e aço.

2.2.3.1 Concreto

“O concreto é obtido por meio da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água. Em algumas situações, são incorporados produtos químicos ou outros componentes, como microssílica, polímeros, etc.” (CARVALHO e FILHO, 2014, P. 29).

Diversas características do concreto, como sua massa específica (cerca de 2400 kg/m³ para o simples e 2500 kg/m³ para o armado), tempo de endurecimento e resistência característica podem ser alteradas com o uso de aditivos (colocados no preparo do concreto) ou adições (incorporadas ao cimento ainda na indústria).

Segundo a NBR 8953:2015, o concreto é classificado em leve, normal ou pesado, em função da massa específica.

- Concreto leve: massa específica inferior a 2000 kg/m³;
- Concreto normal: massa específica entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³;
- Concreto pesado: massa específica superior a 2800 kg/m³.

Conforme sua resistência característica à compressão (f_{ck}), o concreto para fins estruturais pode ser dividido nos grupos I e II.

Tabela 4 - Classe de Resistência dos Concreto Estruturais

Classes de Resistência Grupo I	Resistência Característica à Compressão (Mpa)	Classes de Resistência Grupo II	Resistência Característica à Compressão (Mpa)
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: Modificado de Neto e Vieira (2018, p. 21).

A resistência à compressão simples, denominada f_c , é a característica mecânica mais importante. Para estima-la em um lote de concreto, são moldados e preparados corpos-de-prova para ensaio segundo a **NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**, os quais são ensaiados segundo a **NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. (PINHEIRO, 2007, p. 21).

De acordo com Almeida (2002), algumas propriedades são essenciais no concreto, trabalhabilidade quando fresco, boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido. Para que se atendam esses parâmetros de qualidade, deve-se atentar à alguns fatores:

- Qualidade dos insumos: como é de se esperar, materiais de boa procedência, quando associados, resultarão em concreto de boa qualidade;
- Proporções adequadas: é de suma importância adicionar sempre quantidades precisas de cada material;
- Manipulação adequada: lançar nas fôrmas e adensar corretamente o concreto logo após o preparo;
- Cura cuidadosa: como as reações que consomem água continuam acontecendo por vários dias após o preparo da mistura, é necessário garantir que o concreto não desidrate durante esse tempo.

Beckenkamp (2013) escreve sobre a importância da resistência à tração (f_{ct}) e do módulo de elasticidade (E_{ci}). O primeiro é determinado através de três tipos de ensaio: tração direta, tração da flexão e compressão diametral. Caso as condições não permitam testes detalhados, deve-se considerar o valor de 8 a 15% da resistência à compressão. Já o segundo é representado pela relação entre as tensões aplicadas e as deformações sofridas e tem na norma ABNT NBR 8522:2008 sua base descrita. A norma ABNT NBR 6118:2014 estima o E_c através da equação:

$$E_{ci} = \alpha E * 5600 * \sqrt{f_{ck}} (20 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 50 \text{ MPa}) \text{ Eq. (1)}$$

$$E_{ci} = 21,5 * 10^3 * \alpha E * \left(\frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} (55 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 90 \text{ MPa}) \text{ Eq. (2)}$$

Sendo:

$\alpha E = 1,2$ para basalto e diabásio

$\alpha E = 1,0$ para granito e gnaisse

$\alpha E = 0,9$ para calcário

$\alpha E = 0,7$ para arenito

2.2.3.2 Aço

Segundo Pinheiro (2007), o aço é um material composto de ferro e pequenas adições de carbono, entre 0,002% e 2%. Para uso na construção civil, é comum o teor de carbono variar entre 0,18% e 0,25%.

A norma brasileira que trata das especificações voltadas ao aço usado em estruturas de concreto armado é a NBR 7840:2007. Esse documento classifica como barras os produtos com diâmetro nominal maior ou igual a 6,3 mm, obtidos por laminação a quente e sem processos posteriores de deformação mecânica. Já os fios possuem diâmetro nominal menor ou igual a 10 mm obtidos a partir de fio-máquina por trefilação ou laminação a frio.

Tabela 5 - Características das barras

Diâmetro Nominal (mm)	Massa e Tolerância por Unidade de Comprimento		Valores Nominais	
Barras	Massa Nominal (kg/m)	Máxima Variação Permitida para Massa Nominal (para mais ou para menos)	Área da Seção (mm ²)	Perímetro (mm)
6,3	0,245	7%	31,2	19,8
8,0	0,395	7%	50,3	25,1
10,0	0,617	6%	78,5	31,4
12,5	0,963	6%	122,7	39,3
16,0	1,578	5%	201,1	50,3
20,0	2,466	5%	314,2	62,8
22,0	2,984	4%	380,1	69,1
25,0	3,853	4%	490,9	78,5
32,0	6,313	4%	804,2	100,5
40,0	9,865	4%	1256,6	125,7

Fonte: Modificado de NBR 7480:2007

Tabela 6 - Características dos fios

Diâmetro Nominal (mm)	Massa e Tolerância por Unidade de Comprimento		Valores Nominais	
Fios	Massa Nominal (kg/m)	Máxima Variação Permitida para Massa Nominal (para mais ou para menos)	Área da Seção (mm ²)	Perímetro (mm)
2,4	0,036	6%	4,5	7,5
3,4	0,071	6%	9,1	10,7
3,8	0,089	6%	11,3	11,9
4,2	0,109	6%	13,9	13,2
4,6	0,130	6%	16,6	14,5
5,0	0,154	6%	19,6	15,7
5,5	0,187	6%	23,8	17,3
6,0	0,222	6%	28,3	18,8
6,4	0,253	6%	32,2	20,1
7,0	0,302	6%	38,5	22
8,0	0,395	6%	50,3	25,1
9,5	0,558	6%	70,9	29,8
10,0	0,617	6%	78,5	31,4

Fonte: Modificado de NBR 7480:2007

De acordo com a NBR 7480:2017, item 4.1, os aços podem ser classificados em três tipos diferentes de categoria: CA-25, CA-50 e CA-60. Os aços do tipo CA-25 e CA-50 devem ser obrigatoriamente fabricados por laminação a quente. Já os aços do tipo CA-60 devem ser fabricados por trefilação, por estiramento ou laminação a frio. (NETO e VIEIRA, 2018, p. 29).

A NBR 6118:2014 adota os seguintes valores para os aços:

- Massa específica: 7850 kg/m³

- Coeficiente de dilatação térmica: para temperaturas entre -20 °C e 150 °C, considera-se o valor de $10^{-5} / ^\circ\text{C}$.
- Módulo de elasticidade: não sendo possível realizar ensaios normatizados, considerar o valor de 210 GPa ou 210000 MPa.

Dentre todas as características do aço estrutural, destacam-se três: resistência característica de escoamento (f_{yk}), limite de resiliência e alongamento de ruptura. A primeira diz respeito à tração máxima a que as barras ou fios devem ser submetidos sem que passem a se deformar sem acréscimo de tensão (regime plástico). A segunda, em outras palavras, é o ponto máximo de resistência da barra, ou seja, diz respeito à força máxima a qual a mesma pode suportar até a ruptura. Já a terceira é expressa em porcentagem e representa o acréscimo de comprimento de uma barra de aço até que ela se rompa:

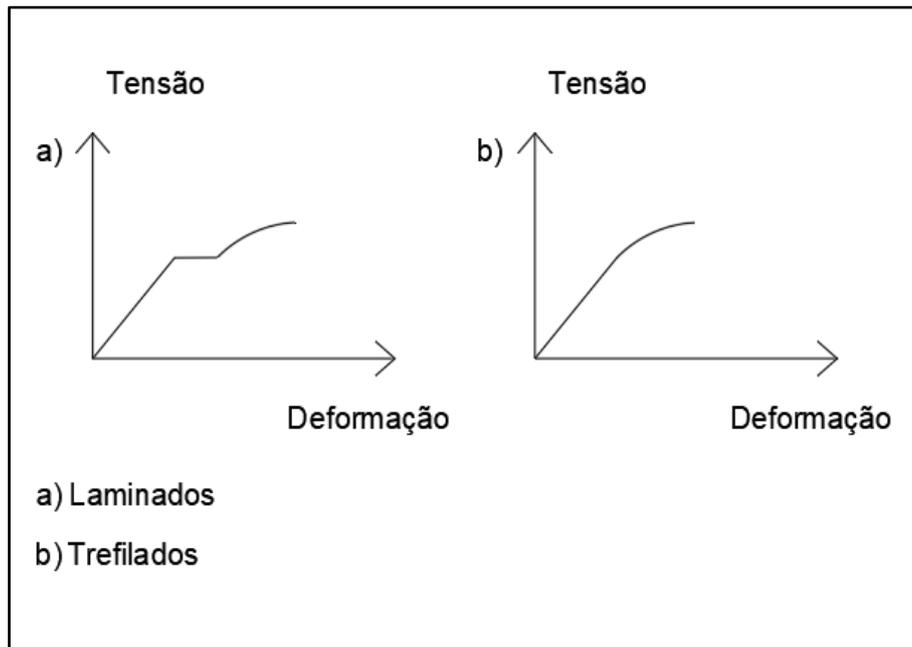
$$\varepsilon = \left(\frac{l_1 - l_0}{l_0} \right) * 100 \text{ Eq.(2)}$$

L_0 : comprimento inicial da barra

L_1 : comprimento final da barra

Os diagramas $\sigma \times \varepsilon$ dos aços laminados a quente e trefilados a frio apresentam características diferentes. Os aços laminados, ao contrário dos trefilados, mostram patamar de escoamento bem definido, ou seja, a resistência de escoamento (f_{yk}) fica bem caracterizada no diagrama, o que não ocorre nos aços trefilados. Por este motivo, nos aços trefilados, a resistência de escoamento é convencional, é escolhido um valor para a resistência de escoamento correspondente à deformação residual de 2 ‰. Isto significa que, se o aço for tensionado até o valor de f_{yk} e a tensão for completamente retirada, o aço não voltará ao seu estado natural pré-tensão, pois haverá no aço uma deformação de 2 ‰, chamada residual ou permanente. (BASTOS, 2006, p. 86).

Figura 9 - Diagramas de tensão deformação de aços: laminado X trefilados



Fonte: Autor.

2.2.4 Concepção Estrutural

Conceber a estrutura é parte fundamental em qualquer projeto. É nessa fase que se escolhem os elementos responsáveis por fazer a transmissão adequada de todos os esforços solicitantes ao solo.

A escolha da forma da estrutura de um edifício depende do projeto arquitetônico proposto. Usualmente os edifícios, exclusivamente residências, são constituídos pelos seguintes pavimentos: subsolo – destinado à área de garagem; pavimento térreo – destinado à recepção, salas de estar, de jogos, de festas, piscinas e áreas para recreação; pavimento-tipo – destinado aos apartamentos, com os vários cômodos previstos no projeto. (GIONGO, 2006, p. 55).

A seguir, o texto discorrerá sobre os principais elementos do sistema estrutural em concreto armado: laje, viga e pilar. O dimensionamento de cada um desses componentes deve seguir o descrito na norma NBR 6118:2014.

2.2.4.1 Lajes

Porto e Fernandes (2015) descrevem em seu livro as lajes como sendo placas de concreto que tem o comprimento e a largura significativamente maior do que a espessura.

As lajes recebem, em sua maioria, esforços na direção normal aos seu plano e têm a responsabilidade de transmiti-los às vigas, para que estas prossigam com a transmissão de esforços.

De acordo com a NBR 6118:2014, as lajes podem ser classificadas em:

- Lajes maciças: possuem a mesma espessura em toda sua área e são denominadas vigadas quando há vigas em seu entorno. Dentre as principais vantagens, esse elemento estrutural apresenta boa distribuição dos esforços solicitantes, alta rigidez estrutural, melhor posicionamento dos elementos construtivos e redução dos deslocamentos horizontais, caso a estrutura seja formada por lajes, vigas e pilares. Já como desvantagens, podem-se citar o grande volume de concreto usado e a demanda elevada de carpintaria.

Tabela 7 - Limites mínimos para espessura das lajes maciças

Tipo de Uso	Espessura (cm)
Cobertura não em balanço	7
Lajes de piso não em balanço	8
Lajes em balanço	10
Lajes que suportem veículos de peso menor ou igual a 30KN	10
Lajes que suportem veículos de peso maior ou igual a 30KN	12
Lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $l/42$ para lajes de piso biapoiadas e $l/50$ para lajes de piso contínuas	15
Lajes cogumelo, fora do capitel	14
Lajes lisas	16

Fonte: NBR 6118:2014 (2014, p. 74).

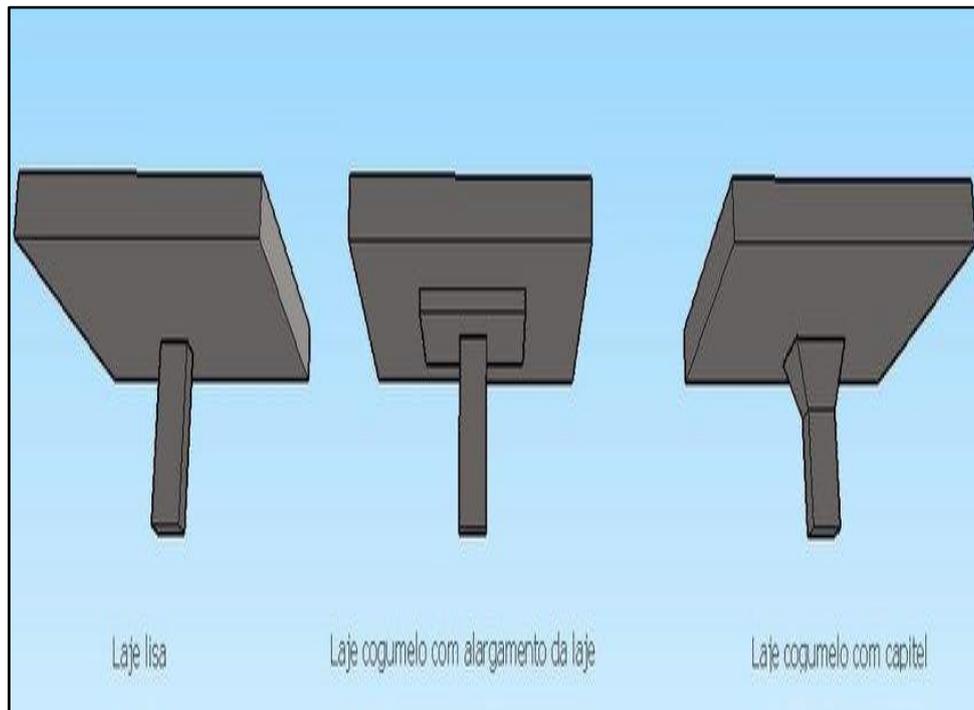
Figura 10 - Laje maciça de concreto sendo armada



Fonte: Modificado de Pereira (2019, p. 2).

- Lajes lisas e cogumelo: possuem espessura constante e se apoiam diretamente nos pilares. A diferença entre elas é a existência de capitel entre a placa e o pilar nas lajes cogumelo. Esse artifício, que pode ser substituído por alongamento da laje no local de encontro, diminui o acúmulo de tensões nessa área, reduzindo a chance de fissuras causadas por esse efeito, denominado punção. A grande vantagem do uso dessas estruturas é a liberdade arquitetônica de executar maiores vãos, o que é muito útil em áreas comerciais e estacionamentos, por exemplo.

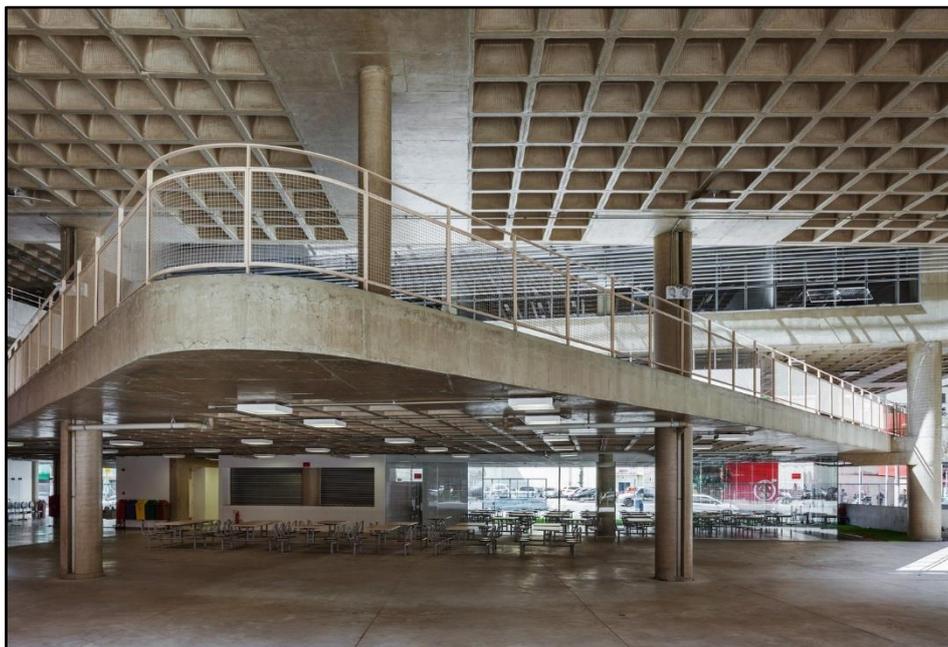
Figura 11 - Lajes lisa, com alargamento e cogumelo



Fonte: Modificado de Alves (2017, p. 1).

- Lajes nervuradas: de acordo com a NBR 6118:2014 “lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. Geralmente essas lajes têm um preço acessível por dispensarem o uso de fôrmas, o que diminui a necessidade de escoramento. Além disso, muito concreto é economizado pelo uso de material inerte para preenchimento, podendo esse ser bloco cerâmico ou isopor. Há também a possibilidade de serem deixados vazios entre nervuras, quando se utiliza as formas reutilizáveis do tipo cubetas, conforme mostrada na figura 12.

Figura 12 - Laje nervurada



Fonte: Modificado de Ilhe Engenharia (2019, p. 7).

2.2.4.2 Vigas

A NBR 6118:2014 define as vigas como sendo “elementos lineares em que a flexão é preponderante. Ainda segundo a mesma norma, esses elementos lineares ou de barra, têm o comprimento longitudinal superando em ao menos três vezes o valor da maior dimensão da seção transversal.

As vigas têm como funções primordiais vencer vãos e transmitir aos apoios (geralmente pilares) os carregamentos vindos das lajes, outras vigas, alvenaria ou até mesmo pilares e, sofrem principalmente ações de flexão e esforço cortante.

As ações são geralmente perpendicularmente ao seu eixo longitudinal, podendo ser concentradas ou distribuídas. Podem ainda receber forças normais de compressão ou de tração, na direção do eixo longitudinal. As vigas também fazem parte da estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global dos edifícios juntamente com a colaboração das lajes. (FERREIRA, 2018, p. 16).

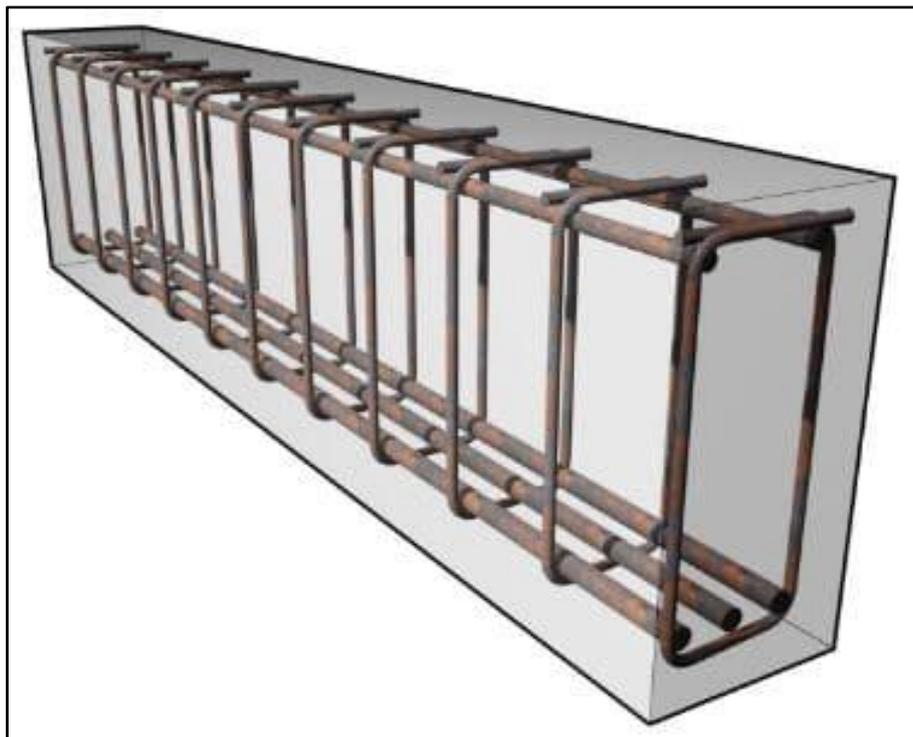
Segundo a norma NBR 6118:2014, a largura da seção transversal das vigas não pode ser menor de que 12 cm, sendo esse valor de 15 cm para vigas-

parede. Caso seja necessário, esses valores podem ser reduzidos até 10 cm se for observado o seguinte:

- Alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos pela NBR 6118:2014;
- Lançamento e vibração do concreto de acordo com a ABNT NBR 14931.

A armadura das vigas geralmente é composta por barras com função estrutural, dispostas de maneira longitudinal ao eixo das mesmas, além de estribos que desempenham papel construtivo.

Figura 13 - Viga de concreto armado



Fonte: Modificado de Meneghel (2020, p. 1).

2.2.4.3 Pilares

De acordo com o item 14.4.1.2 da NBR 6118:2014, os pilares são definidos como “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que forças normais de compressão são preponderantes.” São destinados principalmente a transmitir ações às fundações, embora possam também conduzi-las para outros elementos estruturais.

São também denominados elementos reticulares, unidirecionais ou unidimensionais, em geral prismáticos, cilíndricos ou não prismáticos, em que uma das dimensões (comprimentos) 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. (PORTO e FERNANDES, 2015, p. 93).

Figura 14 - Esquema de montagem de pilares



Fonte: Modificado de Revista Viver (2019, p. 2).

A NBR 6118:2014 versa no item 13.2.3 que a seção transversal dos pilares e pilares-parede (pilares em que a maior dimensão da seção transversal excede em 5 vezes ou mais o valor da menor) não deve possuir nenhuma dimensão inferior à 19 cm, porém é permitida a consideração de dimensões de no mínimo 14 cm desde que a área da seção não seja inferior à 360 cm² e que os esforços solicitantes utilizados durante o dimensionamento sejam

multiplicados por um fator de majoração γ_n , como está indicado na tabela a seguir.

Tabela 8 - Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25
<p>onde: $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$; b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros. NOTA: γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.</p>						

Fonte: Modificado da NBR 6118:2014 (2014, p. 73).

2.2.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema

A seguir será apresentada uma tabela resumo com as principais vantagens e desvantagens do uso do concreto armado para produção de estruturas independentes.

Tabela 9 - Vantagens e desvantagens do concreto armado

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Facilidade de acesso aos insumos	Alta necessidade de escoramento
Boa durabilidade	Peso próprio elevado
Liberdade arquitetônica	Mau desempenho acústico
Segurança contra o fogo	Mau desempenho térmico
Fácil execução	Dimensões elevadas dos elementos

Fonte: Autor.

3 METODOLOGIA

Muito se discute sobre qual seria a técnica construtiva mais eficiente, levando em consideração os modelos adotados para a realização desse estudo: concreto armado ou alvenaria estrutural em blocos de concreto. Antes de tudo, como já foi citado, é preciso entender que não há o método perfeito, ou seja, aquele que será o mais indicado para todas as situações. Para uma escolha acertada, é preciso levar em consideração qualquer fator que possa influenciar no preço final e na qualidade do serviço executado, porém com a rapidez que o mercado atual exige, são necessários critérios técnicos para auxiliar em uma tomada de decisão.

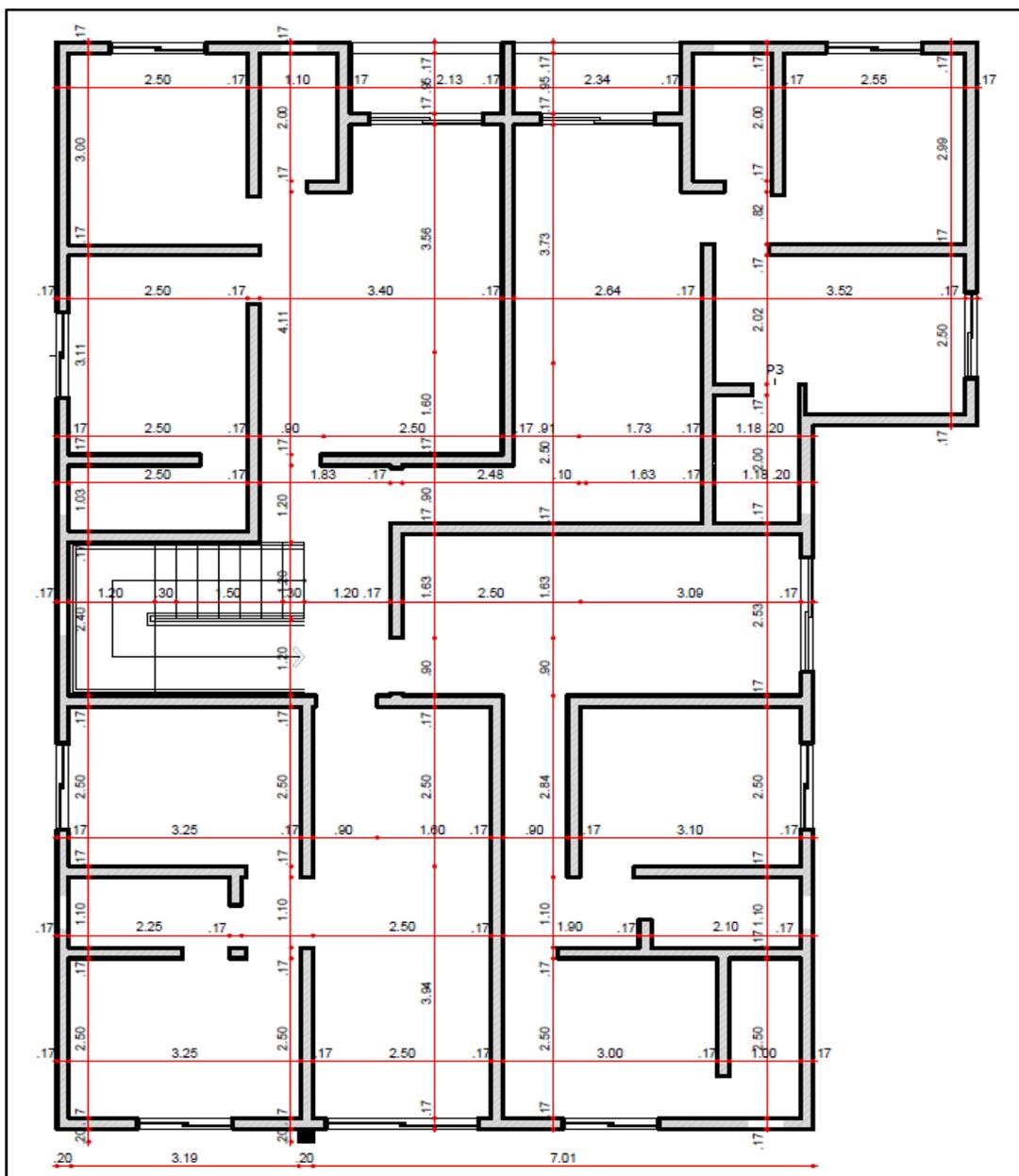
A oportunidade de ter em mãos o projeto em alvenaria estrutural e poder executar o de estrutura independente para o mesmo edifício modelo leva à realização do presente trabalho, que pode servir como indicação na tomada de decisão para futuros empreendimentos em moldes similares.

3.1 Considerações Iniciais

O edifício considerado para estudo chama-se Residencial Maldivas e está localizado na Rua Manoel Felisberto da Silva, bairro Novo Geisel, na cidade de João Pessoa-PB. Foi executado em alvenaria estrutural com blocos de concreto e possui 3 pavimentos com 4 unidades cada, sendo um térreo com circulação e dois pavimentos tipo logo acima, totalizando 16 apartamentos com área próxima de 40 m² cada.

O dimensionamento da estrutura em alvenaria estrutural foi cedido pela construtora responsável pela obra e a estrutura independente foi idealizada e desenvolvida pelo próprio autor. Os quantitativos de materiais para os dois casos também foram levantados pelo autor, a fim de realizar o orçamento das duas situações consideradas para posterior análise de custos.

Figura 15-Planta baixa do pavimento tipo



Fonte – Autor

3.2 Dimensionamento da Estrutura Independente

A concepção estrutural em concreto armado foi realizada exclusivamente para uso no presente estudo utilizando como ferramenta computacional auxiliar o software Eberick V8 Gold, da AltoQI.

Inicialmente, de acordo com o projeto arquitetônico foi criada a árvore de pavimentos, na qual todos os níveis do projeto foram definidos.

Figura 16 - Árvore de pavimentos

	Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)	Lance
1	Caixa D'água	200.00	1232.00	6
2	Barrilete	192.00	1032.00	5
3	Tipo 2	280.00	840.00	4
4	Tipo 1	280.00	560.00	3
5	Térreo	280.00	280.00	2
6	Fundação	150.00	0.00	1
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

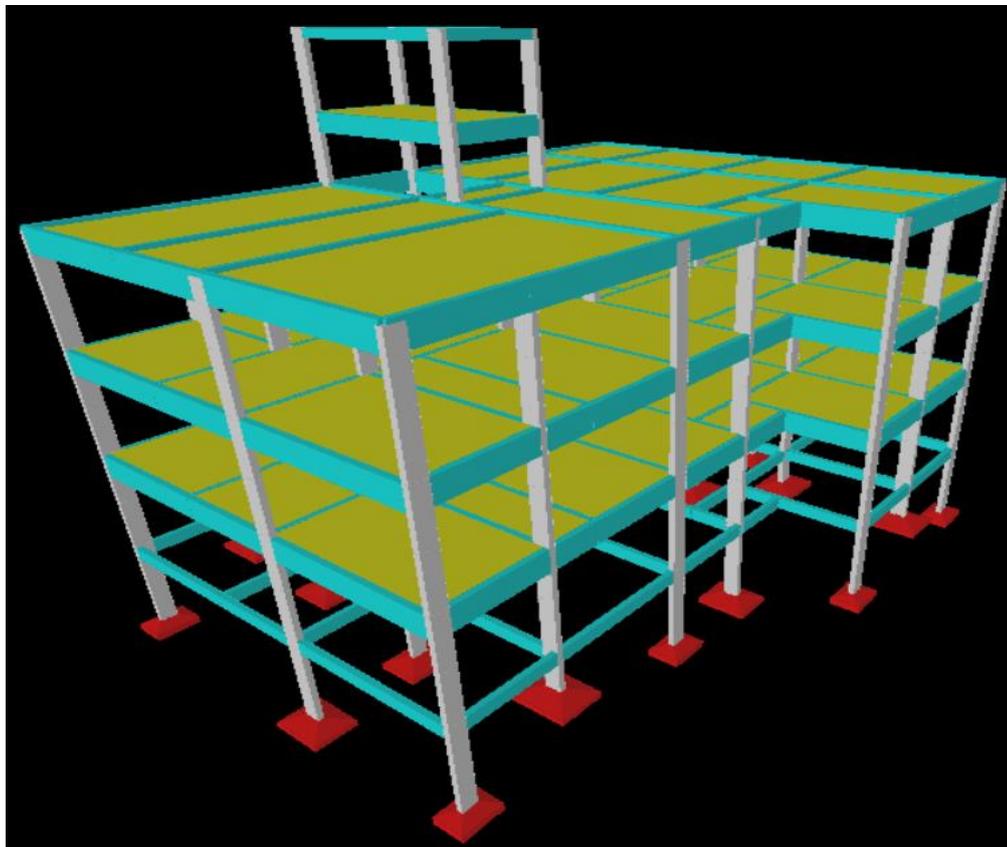
Título | | Nível inferior 0 cm | Lance inicial 1

Botões: Inserir acima, Inserir abaixo, Excluir, Para cima, Para baixo, Fechar, Ajuda

Fonte – Autor

Abaixo está apresentada uma figura representando o modelo construído no software já mencionado.

Figura 17 - Modelagem da estrutura do edifício em concreto armado



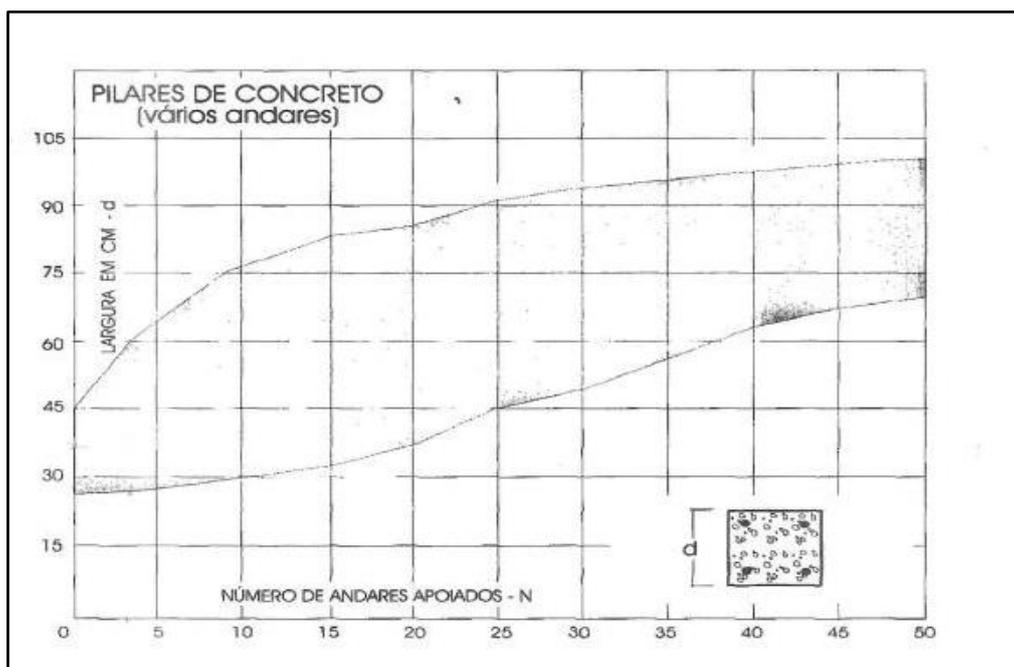
Fonte – Autor

Os aços definidos em projeto foram o CA-50 para as barras com diâmetros 6.3, 8.0, 10.0, 12.5 e 16.0mm e CA-60 para as de 5.0 mm. A classe de agressividade ambiental, conforme a localização da edificação foi a II (moderada), adotando assim cobrimentos de 30 mm para sapatas, pilares e vigas e de 25mm para lajes, conforme preconiza a NBR 6118/2014. A ação do vento considerada na estrutura está de acordo com a NBR 6123/1988 e, sendo localizada na cidade de João Pessoa-PB, a velocidade adotada foi de 30 m/s. Foram também incluídos: fator topográfico $S_1=1$ – terreno plano; fator estatístico $S_3=1$ – edificações para hotéis e residências; e zona de vento de baixa turbulência para calcular o coeficiente de arrasto.

3.2.1 Dimensionamento dos Pilares

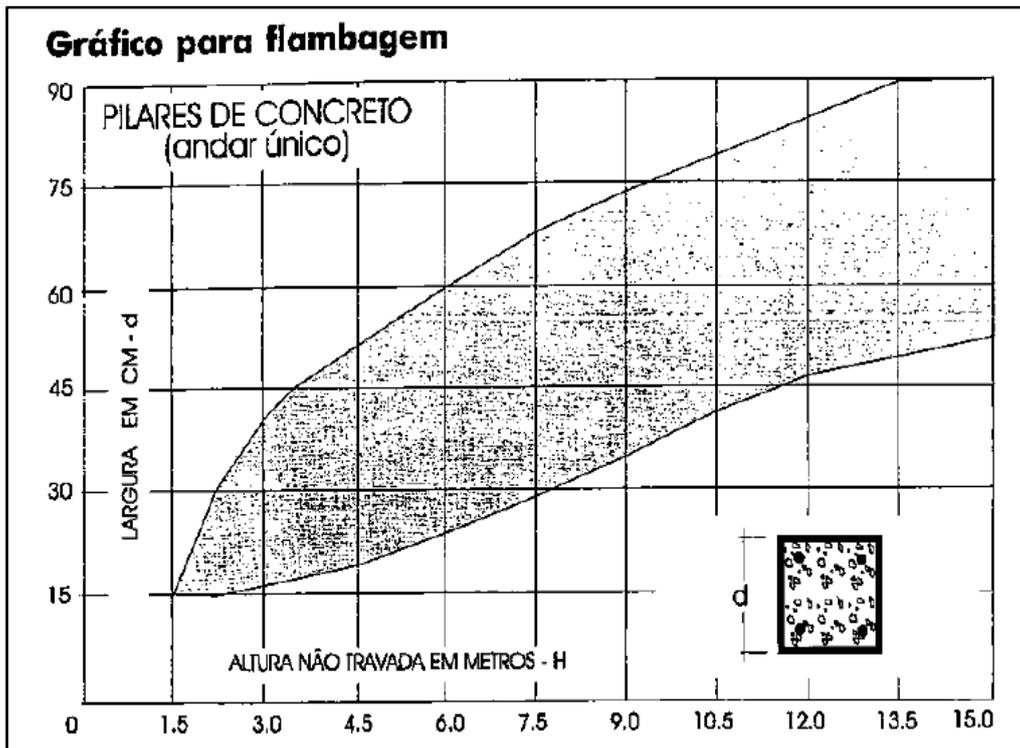
A partir da utilização dos dois critérios de pré-dimensionamento de pilares, recomendados em Rebello (2007), em um, considerando o número de pavimentos e a carga adotada e em outro, contemplando a altura não travada dos pilares (flambagem), foi escolhida a seção transversal retangular de 15x40cm para iniciar o lançamento da estrutura da edificação.

Figura 18 - Gráfico para carga nos pilares



Fonte – Rebello (2007, p.199)

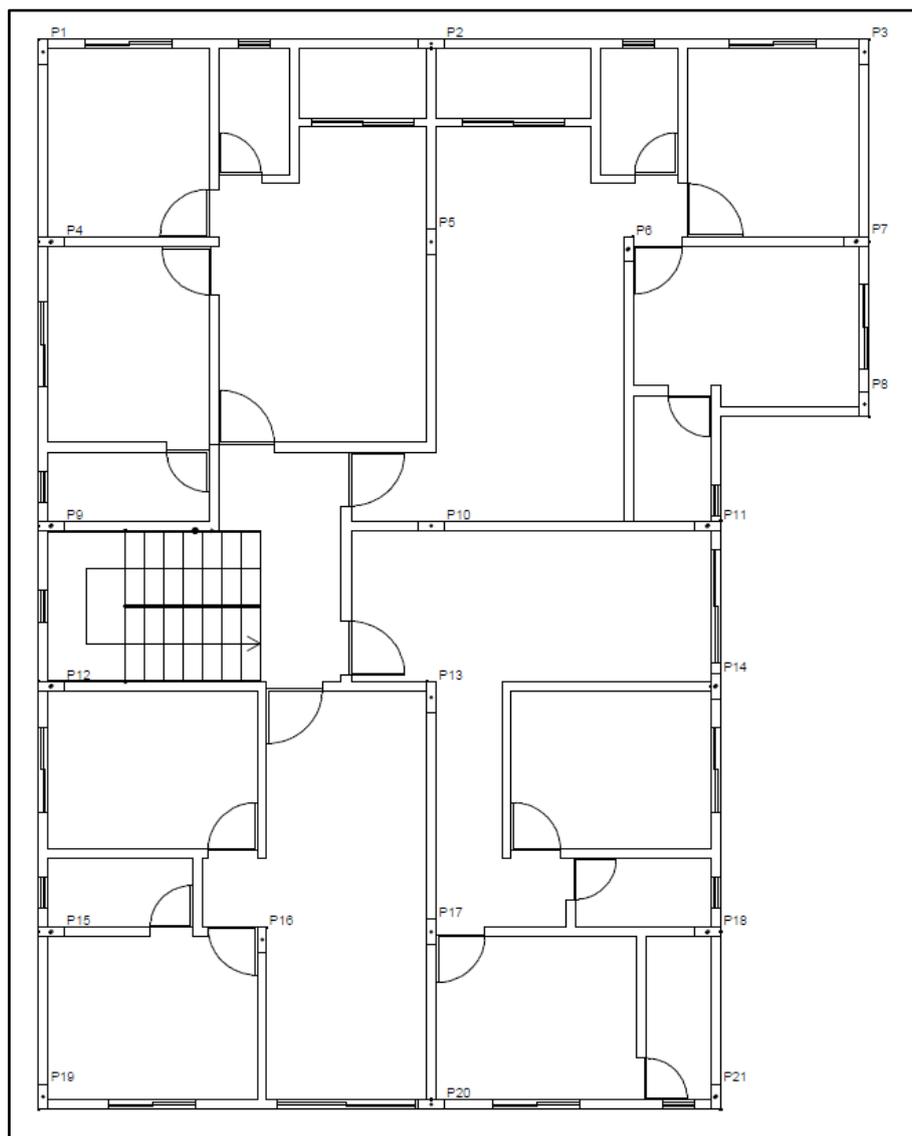
Figura 19 - Gráfico para flambagem nos pilares



Fonte – Rebello (2007, p.200)

Após serem traçados os eixos horizontais e verticais, a locação dos pilares ficou de acordo com a figura a seguir.

Figura 20 - Pré-lançamento dos pilares no pavimento tipo



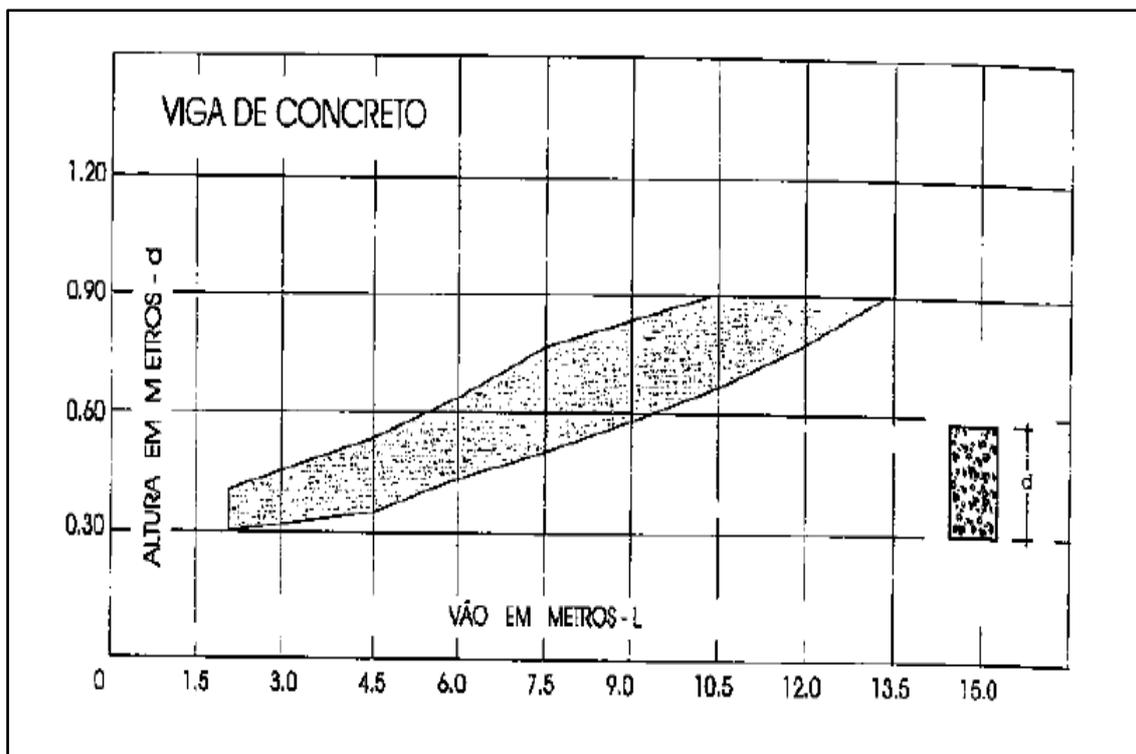
Fonte – Autor

Para a construção desses elementos, foi escolhido o concreto C-30 que tem resistência característica à compressão (f_{ck}) de 30 MPa. Após a locação deles, a estrutura da edificação contou com 23 pilares, dos quais 21 nascem no nível Fundação e morrem no nível Tipo 2. Os 2 pilares restantes nascem no nível Barrilete e morrem no nível Caixa D'água. Apenas o P13 teve a seção alterada para 15x50 cm. Após o dimensionamento no estado limite último e no estado limite de serviço de todos os pilares utilizados nessa estrutura através do software Eberick V8 Gold, foram determinados os quantitativos dos materiais.

3.2.2 Dimensionamento das Vigas

No pré-dimensionamento das vigas também foram adotados os critérios recomendados em Rebello (2007), em função do vão das vigas e da carga considerada no pavimento.

Figura 21 - Pré dimensionamento de vigas de acordo com o vão



Fonte – Fonte – Rebello (2007, p.193)

Tomou-se o cuidado de não variar demasiadamente o número de seções transversais, afim de que o projeto tivesse uma execução facilitada caso essa opção construtiva viesse ocorrer. Assim, ao final de todo o cálculo, de acordo com o desenho abaixo, a estrutura contou com 93 vigas retangulares, com as seguintes dimensões: 15x35 cm no nível Fundação (exceto a V4, dimensionada para 15x40 cm), 15x60 cm nos níveis Térreo, Tipo 1 e Tipo 2, 15x50 no nível Barrilete e 15x25 cm no nível Caixa D'água.

O cobrimento utilizado no dimensionamento foi de 30 mm, conforme preconiza a NBR 6118/2014.

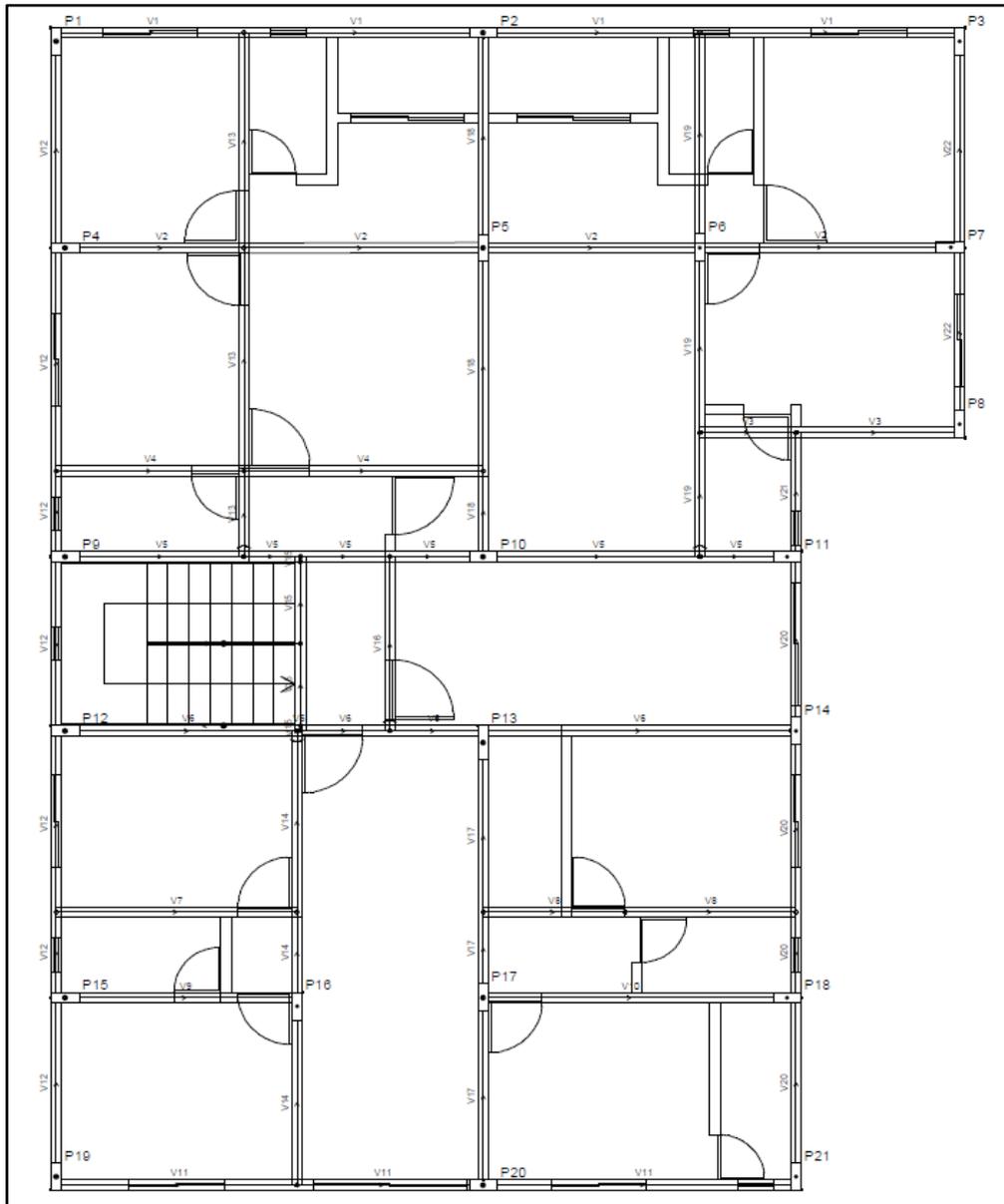
A escolha dos locais onde passam as vigas é tarefa de suma importância, uma vez que esse fator define as posições e vãos das lajes. É necessário atentar

para a rigidez dos apoios desses elementos, sabendo que quanto menos rígidos forem, maiores serão as possibilidades de flechas de magnitudes indesejáveis.

Alguns dos elementos em questão apresentaram elevada tensão do tipo torção. A solução aplicada no cálculo foi tornar rotulados alguns apoios que a princípio eram adotados como engastes. Os erros acusados pelo Eberick V8 Gold com relação às flechas excessivas foram resolvidos com aumento da área da seção transversal das vigas que, devido aos vãos da estrutura, foram adotadas inicialmente 15x40 e 15x50 cm, porém ao final do dimensionamento adotou-se 15x60cm na maioria dos casos.

Após a locação das vigas a estrutura obteve a configuração apresentada na figura que segue.

Figura 22 - Pré-lançamento das vigas do pavimento tipo



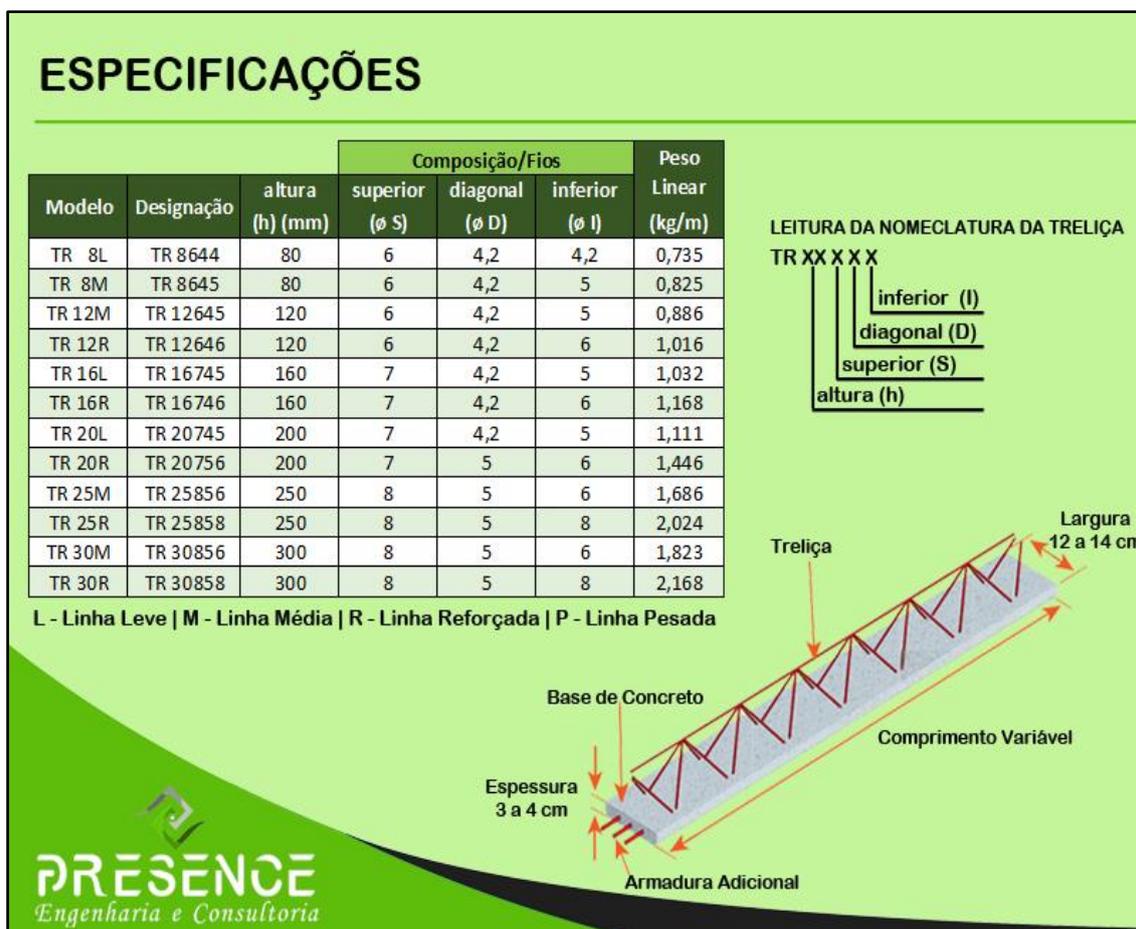
Fonte: Autor

Após a definição das posições das vigas, foram adotadas as cargas de acordo com o projeto arquitetônico e as recomendações da NBR 6120/2019 e após verificação em relação ao ELU e ao ELS, a determinação dos quantitativos foi feita.

3.2.3 Dimensionamento das Lajes

O tipo treliçada com preenchimento de lajotas cerâmicas tipo 8B/25/20 (8 cm de altura, 25 cm de largura e 20 cm de comprimento) foi o definido para a maioria das lajes do projeto, excetuando-se as de patamares das escada e a que sustenta os reservatórios, que foram maciças e de espessura 12 cm. Inicialmente, para as lajes treliçadas foi utilizada uma espessura de 12 cm, sendo 4 cm de capa de concreto e 8 cm correspondentes à altura dos elementos cerâmicos. Com essa configuração, a estrutura foi processada no Eberick V8 Gold, que indicou flechas excessivas nas placas. Para sanar o problema, aumentou-se para 5 cm a espessura do concreto, além de usar blocos de EPS tipo B8/30/125 (8 cm de altura, 30 cm de largura e 125 cm de comprimento) como material inerte de enchimento. Feitas essas mudanças, obteve-se a espessura final de 13 cm. Como treliça pré-moldada optou-se pela TR 8645, que está especificada na tabela abaixo.

Figura 23 - Tipos de vigotas treliçadas



Fonte: Grupo Presence (2020, p.2)

O carregamento das lajes foi feito segundo a norma NBR 6120/2019, considerando para as lajes treliçadas, nos níveis Térreo e Tipo 1, carga acidental de 2 KN/m² para áreas de serviço e 1,5 KN/m² para os demais ambientes. No nível Tipo 2, pavimento de cobertura, utilizou-se 0,5 KN/m² como carga acidental, além de um carregamento extra de 0,4 KN/m² referente à carga do telhado utilizando telhas de fibrocimento onduladas (com espessura 5 mm) e estrutura de madeira. Nas lajes maciças de escada, foi considerado carregamento acidental como sendo 2,5 KN/m². Na laje que sustenta os reservatórios, além de 0,5 KN/m² de cargas acidentais, foi adicionado mais 5,5 KN/m² referentes ao peso das duas caixas d'água que totalizavam 6000 litros. Todas as lajes de piso contaram também com carga de revestimento de 0,8 KN/m². Para representar as paredes situadas sobre as lajes, foram lançadas barras fictícias nos trechos com essa especificidade.

Ao final, a estrutura contava com 55 lajes treliçadas e 10 maciças e após os processos descritos, a estrutura do edifício contava com a configuração mostrada na figura a seguir.

3.2.4 Elementos Pré-Moldados

Para a confecção das lajes treliçadas, foram utilizadas treliças do tipo TR 8645 e blocos EPS unidirecional B8/30/125.

4 APRESENTAÇÃO E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho orçamentou os custos referentes aos dois modelos estruturais desenvolvidos para o mesmo projeto arquitetônico com a finalidade de responder qual dos dois apresenta menor custo. Para isso, foram considerados nos quantitativos todos elementos estruturais e de vedação. Após a quantificação dos insumos, os orçamentos foram feitos através do site Orçafascio usando as bases SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), ORSE (Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe), SICRO 2 (ferramenta do DNIT) e SBC (base de dados da editora SBC Stabile RJ) como bancos de dados.

4.1 Quantitativos da Alvenaria Estrutural

Como já mencionado, o dimensionamento da estrutura em alvenaria estrutural já estava pronto no início desse estudo. Conforme o projeto, foram adotados blocos de concreto, descontadas as áreas de esquadrias e acrescidos 10% na metragem final, afim de considerar eventuais perdas.

Todos os pontos de amarração de paredes que necessitavam de armadura foram quantificados rigorosamente.

Para vergas e contravergas, foi adotado o traspasse de 30 cm em cada lado, armação indicada em projeto, assim como o volume de graute necessário à sua execução.

O levantamento de armaduras para pilares, vigas e lajes considerou 10% de acréscimo para sanar problemas de possíveis perdas com corte e dobra.

4.2 Quantitativos do Concreto Armado

Nessa opção de modelo estrutural, o lançamento da estrutura foi realizado pelo autor obedecendo rigorosamente às normas vigentes e com o auxílio do programa Eberick V8 Gold.

Foram descontadas áreas de esquadrias para quantificar alvenaria de vedação e acrescidos 10% ao total final.

Os quantitativos para montagem dos pilares foram os seguintes: 1233,5 kg de aço CA-50 e 421,5 kg de CA-60, já considerada uma folga de 10% em peso para eventuais perdas. Houve também a previsão da utilização de 14,4 m³ de concreto, além de 263,6 m² de área de fôrma.

Para as vigas, os insumos calculados foram: 2614,4 kg de aço CA-50, além de 634,4 kg de CA-60. O volume de concreto, que como nos pilares foi o C-30, bateu 52,2 m³ e a área de fôrma 795 m².

Nas lajes, o Eberick V8 Gold totalizou: 334,1 kg de aço CA-50 e 35,9 kg de aço CA-60, além de 34,5 m³ de concreto C-30 e 51,6 m² de área de fôrma.

Para execução das fundações, foi quantificado o seguinte: 315,2 kg de aço CA-50, 7,4 m³ de concreto e 16,1 m² de fôrma.

As vergas e contravergas foram calculadas considerando 30 cm de traspasse de cada lado da esquadria.

Na determinação das quantidades de armaduras para todos os elementos estruturais e construtivos foi considerado um adicional de 10% para suprir eventuais necessidades de perdas com corte e dobra.

4.3 Orçamento e Análise dos Resultados

Todas as composições utilizadas estão em anexo e, com base nelas e nos levantamentos de quantitativos foram elaborados os orçamentos contemplando as duas técnicas construtivas que estão apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 10 - Orçamento Alvenaria Estrutural

ORÇAMENTO DA ALVENARIA ESTRUTURAL				
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	TOTAL(R\$)
ACO CA-50 PARA PILARES	KG	393	8,53	3352,29
ACO CA-60 PARA PILARES	KG	47	8,45	397,15
ACO CA-50 PARA VIGAS	KG	406,5	8,53	3467,44
ACO CA-60 PARA VIGAS	KG	695,5	8,45	5876,97
CONCRETO ESTRUTURAL 25MPa	m³	67,3	484,02	32574,54
ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL	m²	1068	77,43	82695,24
(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m²	30,8	59,78	1841,22
ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 8,0 MM. AF_01/2015	KG	142,5	10,29	1466,32
GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m³	9,5	597,19	5673,3
GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m³	4,4	525,13	2310,57
Forma de placa compensada resinada	m²	343,9	53,56	18419,28
Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, inteiro 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	569,6	119,14	67862,14
TOTAL ALVENARIA ESTRUTURAL: R\$225.936,46				

Fonte: Autor

Tabela 11 - Orçamento Concreto Armado

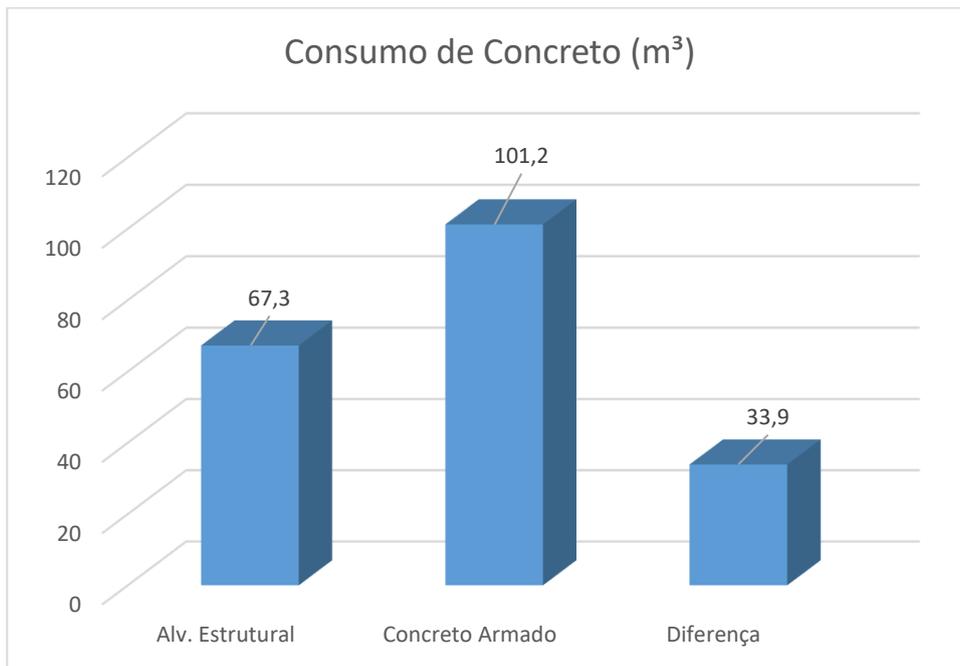
ORÇAMENTO DO CONCRETO ARMADO				
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	TOTAL(R\$)
ACO CA-50 PARA PILARES	KG	1233,5	8,53	10.521,75
ACO CA-60 PARA PILARES	KG	421,5	8,45	3.561,67
ACO CA-50 PARA VIGAS	KG	2614,4	8,53	22.300,83
ACO CA-60 PARA VIGAS	KG	634,4	8,45	5.360,68
CONCRETO ESTRUTURAL USINADO FCK30MPa COM BOMBEAMENTO	m³	101,2	403,11	40.794,73
(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m²	1098,8	59,78	65.686,26
VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	82,8	28,39	2.350,69
VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	181,6	28,39	5.155,62
Forma de placa compensada resinada	m²	1126,4	54,25	61.107,20
Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, inteiros 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	569,6	119,14	67.862,14
TOTAL CONCRETO ARMADO: R\$ 284.701,57				

Fonte: Autor

Com base nos orçamentos mostrados, verifica-se uma economia de 20,64% em favor da alvenaria estrutural. A seguir serão mostrados alguns gráficos que analisam os principais insumos utilizados nas duas técnicas construtivas.

O gráfico 1 apresenta o comparativo do volume de concreto utilizado em cada situação.

Gráfico 1 – Comparativo do Volume de Concreto

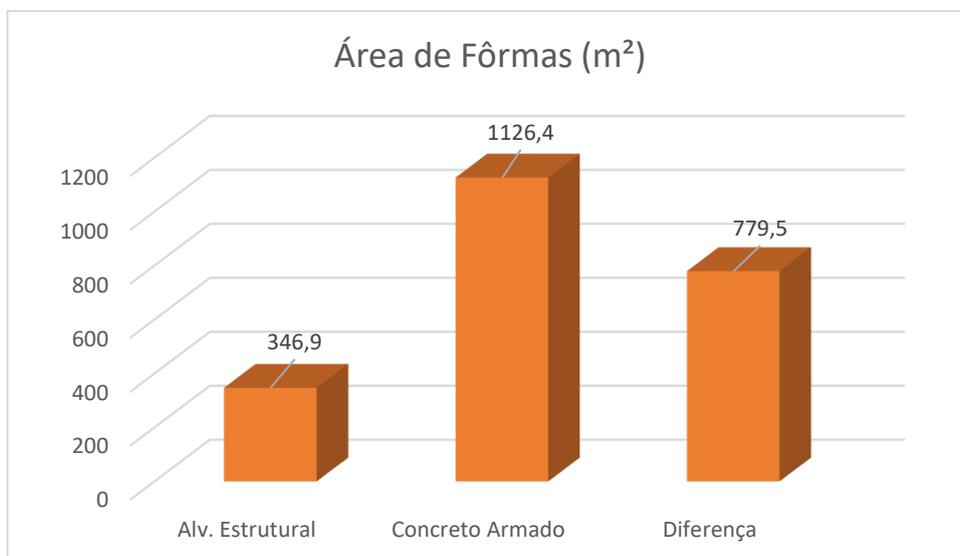


Fonte: Autor

Percebe-se um aumento considerável no volume de concreto quando se utiliza a estrutura independente. Isso se explica pela maior quantidade de vigas e pilares nessa técnica construtiva.

O gráfico 2 mostra o comparativo da área de fôrmas utilizada para cada método de construção.

Gráfico 2 - Comparativo de Área de Fôrmas

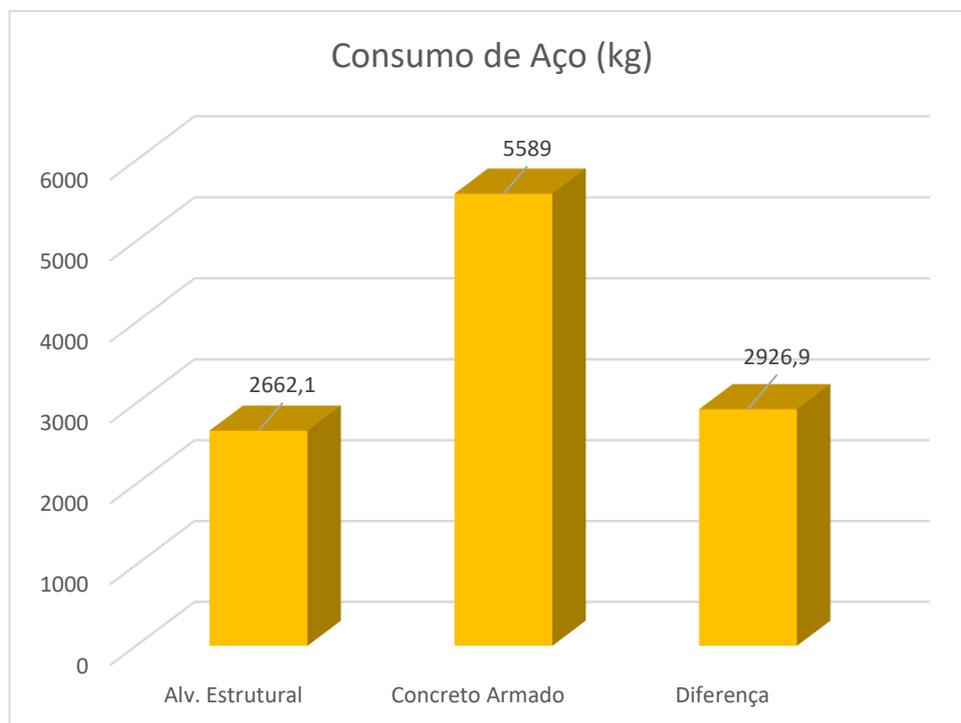


Fonte: Autor

A considerável diferença apresentada no quantitativo de área de fôrmas se explica facilmente pela diferença na quantidade de vigas e pilares entre os dois métodos construtivos, além da utilização de canaletas para execução de cintas de amarração, excluindo a necessidade do uso de fôrmas de madeira.

O gráfico 3 apresenta um comparativo entre os quantitativos de aço empregados nos diferentes projetos.

Gráfico 3 - Comparativo do Consumo de Aço

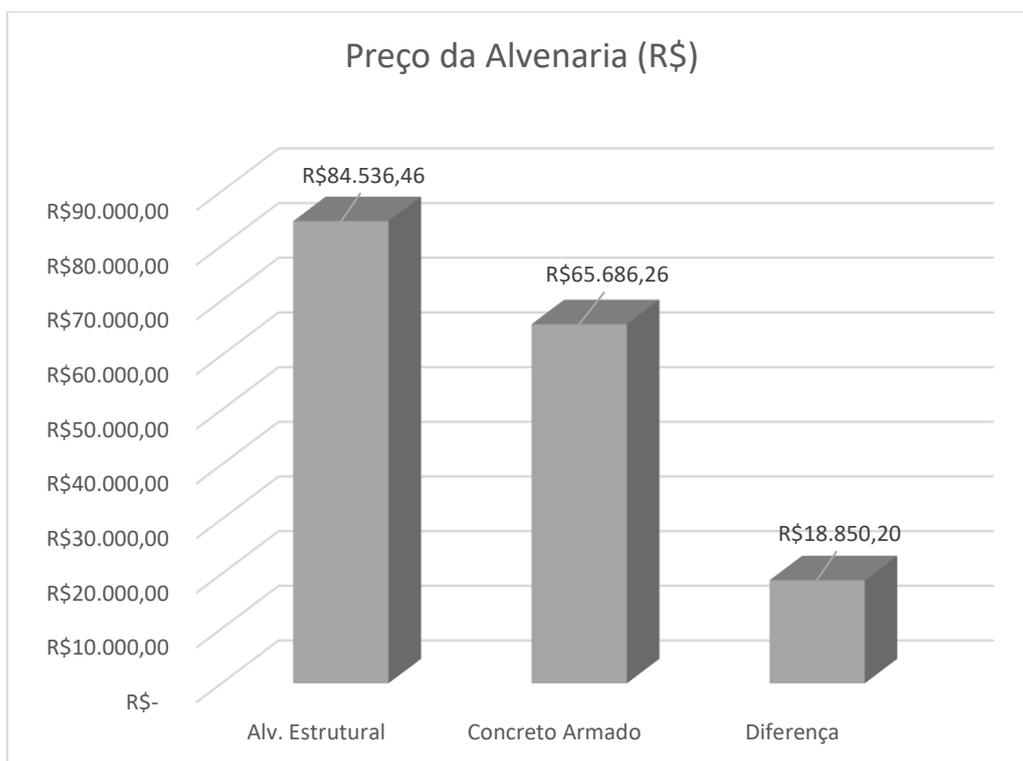


Fonte: Autor

É possível perceber que o aço representa um dos grandes fatores de economia na adoção do sistema de alvenaria estrutural em detrimento do sistema em concreto armado. Pois, comparando os dois modelos estruturais, verifica-se que na alvenaria estrutural, a utilização do aço ocorre em elementos sem função estrutural, como, vergas, contravergas e as cintas de amarração das paredes. Além disso, é utilizado também, para resistir a esforços de tração e cisalhamento em locais onde houverem tensões excessivas nos blocos das paredes, evitando fissuras.

O gráfico 4 traz à tona a diferença entre os preços para a execução da alvenaria em cada situação estudada. É importante atentar ao fato de que para alvenaria estrutural, além da função de vedação, os blocos desempenham função de absorver carregamentos, em sua maioria de compressão. Já no sistema de estrutura independente, como o próprio nome diz, não é considerada a resistência das paredes no suporte dos carregamentos da estrutura.

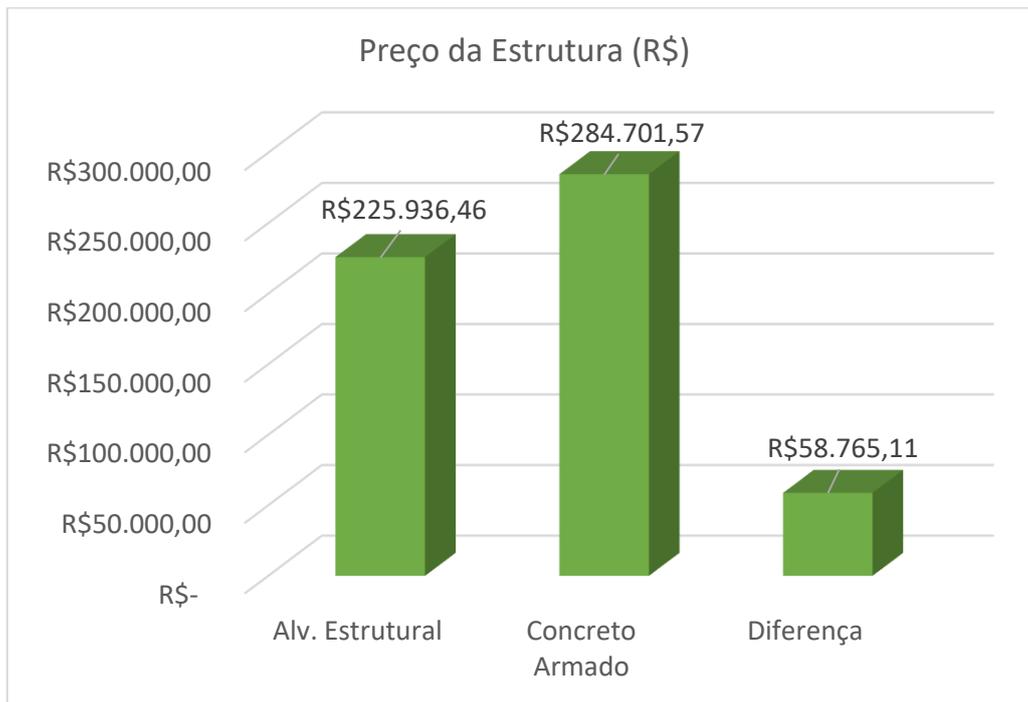
Gráfico 4 - Comparativo do Preço da Alvenaria



Fonte: Autor

Por fim, o gráfico 5 apresenta uma comparação entre os custos finais de execução da estrutura para ambos os sistemas estudados. Ele deixa clara a diferença financeira nos custos de alvenaria e vedação na adoção de cada sistema construtivo para o projeto arquitetônico em estudo.

Gráfico 5 - Comparativo dos Preços Finais da Estrutura



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

Antes de apresentar os comentários sobre a avaliação dos orçamentos entre as duas opções de modelos estruturais para o caso em estudo, é necessário reiterar a importância do projeto arquitetônico ser elaborado por profissionais que entendam as necessidades e peculiaridades da concepção estrutural. Com objetivo de diminuir custos e retrabalhos durante a execução da obra, a escolha da técnica construtiva deve antever a disposição dos elementos arquitetônicos, pois a adaptação daquela ao desenho pode tornar-se bastante cara, uma vez que certamente irá gerar elementos estruturais com grandes carregamentos, onerando o custo final da edificação

Afirma-se também que o presente trabalho é um estudo de caso, portanto não garante uma decisão assertiva para outros projetos. Entretanto, é um bom parâmetro de escolha em caso de empreendimentos que apresentem semelhança com o abordado no texto.

Que se atente bastante ao fato de que a escolha por uma estrutura independente comumente diminui as patologias após a construção. Por ser uma técnica mais nova e menos difundida, a alvenaria estrutural exige mão de obra mais qualificada. Quando esse fator é desrespeitado, a experiência mostra o insucesso de vários projetos.

Feitas essas ponderações, observou-se que a adoção do projeto em alvenaria estrutural apresentou economia de 20,64% nos custos de vedação e estrutura em comparação com o concreto armado, mostrando que a alvenaria estrutural é um sistema viável economicamente.

Concreto, fôrmas e aço apresentaram respectivamente economia de 33,5% (correspondente a 33,9m³ de concreto a menos); 69,2% (uma diminuição de 779,5m² de fôrma); e 52,4% (representando 2926,9Kg a menos de aço com a adoção da alvenaria estrutural. A significativa redução no consumo de todos esses insumos se explica pelo fato da alvenaria estrutural geralmente não apresentar elementos estruturais em concreto armado do tipo pilares e vigas. Porém, a vedação do edifício mostrou-se 22,3% (R\$18.850,20) mais cara e, tal fator se deve ao fato dos blocos empregados desempenharem papel estrutural.

É válido ressaltar que a escolha pela técnica construtiva não deve se basear apenas em fatores econômicos, mas sim observar as várias outras questões importantes para o êxito do empreendimento. A alvenaria estrutural apesar de mostrar vantagem financeira em muitas situações apresenta também muitas limitações arquitetônicas. Fatores como prazo de execução, mão de obra disponível e facilidade na compra dos insumos devem ser considerados e estudados com precisão.

REFERÊNCIAS

_____. NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

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

_____. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 8522: Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela Massa Específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ACCETTI, Kristiane Mattar. **Contribuições ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria**. Dissertação – Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 1998.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Concreto**. Notas de Aula – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. Notas de Aula – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

BECKENCAMP, Cláudia Maria. **Dimensionamento Estrutural e Análise Comparativa de Custos de um Edifício de Alvenaria Estrutural Versus**

Concreto Armado. Trabalho de Curso – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2013.

BERNARDES, Daniel Zem. **As Pirâmides de Gizé.** 11 de abril de 2019. Il. Color. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/historia-geral/as-piramides-do-egito>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** UNESP, São Paulo, 2006.

CAMPOS, Diário dos. **Catedral de Notre Dame.** 16 de abril de 2019. Il. Color. Disponível em: <https://www.diariodoscamos.com.br/noticia/doacoes-para-reconstruir-catedral-de-notre-dame-ja-somam-r-26-bilhoes>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR 6118/2014.** 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

COELHO, Eliomar. **[Sem Título].** 07 de novembro de 2016. Il. Disponível em: <http://www.eliomar.com.br/rio-antigo-edificio-a-noite/>. Acesso em: 11 de junho de 2020.

FERREIRA, Gracielly Karine dos Santos. **Estudo Comparativo entre Sistemas Estruturais.** Monografia – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

FIGUEIRÓ, Wendell Oliveira. **Racionalização do Processo Construtivo em Edifícios em Alvenaria Estrutural.** Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FLAUSINO, Danilo. **[Sem Título].** 21 de março de 2017. Il. Color. Disponível em: <https://reformweb.com.br/blog/post/10/Conhecendo-Mais-Sobre-Alvenaria-Estrutural>. Acesso em: 09 de junho de 2020.

FONTANA, Sérgio M. P. **Barco de Lambot (1849)**. 23 de dezembro de 2014. II. Color. Disponível em: <https://oseculoxx.blogspot.com/2014/12/a-origem-do-concreto-armado.html>. Acesso em: 11 de junho de 2020.

GIONGO, José Samuel. **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ILHE, Engenharia. **[Sem Título]**. 04 de janeiro de 2019. II. Color. Disponível em: <https://ilheengenharia.com.br/laje-trelicada-laje-macica-laje-nervurada-qual-a-melhor-para-a-sua-obra/>. Acesso em: 21 de junho de 2020.

INCORPORADORA, LigaSul. **Hotel e Cassino Excalibur**. 14 de março de 2020. II. Color. Disponível em: <http://ligasul.com.br/2020/03/14/alvenaria-estrutural-seguranca-qualidade-e-rapidez-na-execucao/>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

KAEFER, Luís Fernando. **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo, 1998.

LAGE, Rangel Costa. **[Sem Título]**. 12 de outubro de 2016. II. Color. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/graute-caracter%C3%ADsticas-e-fun%C3%A7%C3%B5es-na-alvenaria-rangel-costa-lage>. Acesso em: 09 de junho de 2020.

LAVANDOSCKI, Fábio Ioveni. **Estudo Comparativo entre Soluções para Edifícios de Alvenaria Estrutural em Função do Número de Paredes Estruturais e o Tipo de Laje**. Dissertação – Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

MENEGHEL, Ricardo. **Viga de Concreto Armado**. 21 de junho de 2020. II. Color. Disponível em: <https://carluc.com.br/materiais-de-construcao/concreto-armado/>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

MOHAMAD, Gihad. MACHADO, Diego Willian Nascimento. JANTSCH, Ana Cláudia Akele. **Alvenaria Estrutural: Construindo o Conhecimento**. 1. Ed. digital. São Paulo, 2018.

NETO, A. J. B. F.; VIEIRA, L. B. **Coleção Manuais de Engenharia Civil Volume 1: Estruturas de Concreto**. Salvador: 2B, 2018.

PEREIRA, Caio. **Laje maciça de concreto sendo armada**. 11 de abril de 2019. II. Color. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/laje/>. Acesso em 21 de junho de 2020.

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

PRESENCE, Grupo. **Especificações para armaduras treliçadas**. Sem data. II. Color. Disponível em: <https://grupopresence.com.br/laje-trelicada>. Acesso em: 13 de novembro de 2020.

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

REBELLO, Y. C. P. **Bases para Projeto Estrutural na Arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2007.

ROMAN, H. R.; SIGNOR, R.; RAMOS, A. S.; MOHAMAD, G. **Análise de Alvenaria Estrutural**. Santa Catarina, 2002.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Alvenaria Estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília, 2002.

SANCHEZ, Emil. **Nova Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutural**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SANTANA, Danilo. **[Sem Título]**. 19 de setembro de 2019. II. Color. Disponível em: <https://engenheirodealtorendimento.com.br/alvenaria-estrutural-com-bloco-ceramico-ou-de-concreto/>. Acesso em: 07 de junho de 2020.

SILVA, Danilo Amorim da. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2019.

VIVER, Revista. **[Sem Título]**. 03 de julho de 2019. II. Color. Disponível em: <https://revistaviver.com.br/?p=35815>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

**ANEXO A – COMPOSIÇÕES UTILIZADAS NO ORÇAMENTO DO PROJETO
EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Código	Banco	Descrição	Und	Quant.
040180	SBC	ACO CA-50 PARA PILARES	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
000344	SBC	ACO CA 50 MEDIO (5,0mm a 25,0mm) (3/16" a 1")	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0200000
040184	SBC	ACO CA-60 PARA PILARES	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
000343	SBC	ACO CA 60 MEDIO (4,2mm a 9,5mm)	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0150000
040181	SBC	ACO CA-50 PARA VIGAS	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
000344	SBC	ACO CA 50 MEDIO (5,0mm a 25,0mm) (3/16" a 1")	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0200000
040183	SBC	ACO CA-60 PARA VIGAS	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
000343	SBC	ACO CA 60 MEDIO (4,2mm a 9,5mm)	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0150000
040900	SBC	CONCRETO ESTRUTURAL 25MPa	m ³	1,0000000
88304	SINAPI	OPERADOR DE USINA DE ASFALTO, DE SOLOS OU DE CONCRETO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,8560000
88243	SINAPI	AJUDANTE ESPECIALIZADO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	9,5200000
000100	SBC	AREIA GROSSA LAVADA	m ³	0,8000000
000050	SBC	CIMENTO PORTLAND CP III 32RS NBR 11578 (quilo)	KG	#####
008766	SBC	PEDRA BRITADA #1	m ³	0,5000000
008767	SBC	PEDRA BRITADA #2	m ³	0,5000000

89486	SINAPI	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO. AF_12/2014	m²	1,0000000
88715	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	m³	0,0182000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,9900000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7400000
00038596	SINAPI	CANALETA DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 29 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	2,8500000
00038590	SINAPI	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 29 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	#####
00038588	SINAPI	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 14 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	UN	1,4200000
00034547	SINAPI	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	M	0,3950000
89043	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m²	1,0000000
87495	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	0,0992000
87503	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	0,3540000
87519	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	0,3390000

87511	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	0,2078000
89999	SINAPI	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 8,0 MM. AF_01/2015	KG	1,0000000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1517000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1073000
00000033	SINAPI	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	KG	1,0000000
89995	SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m³	1,0000000
90279	SINAPI	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9 (CIMENTO/ CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_02/2015	m³	1,2030000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7,2383000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,1197000
89994	SINAPI	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m³	1,0000000
90279	SINAPI	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9 (CIMENTO/ CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_02/2015	m³	1,2030000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4,7314000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,3466000
1 A 01 402 01	SICRO2	Forma de placa compensada resinada	m²	1,0000000
E509	SICRO2	Grupo Gerador : Heimer : GEHMI-40 - 32,0 KVA	0,00	19,6300
E904	SICRO2	Máquina de Bancada : Maksiwa : SCMA - serra circular de 12"	0,00	2,2077
T603	SICRO2	Carpinteiro		
T701	SICRO2	Servente		
SICRO2	M320	Pregos de ferro 18x30		4,9500
SICRO2	M406	Caibros de 7,5 cm x 7,5 cm		18,9500
SICRO2	M410	Compensado resinado de 17 mm		27,7893
SICRO2	M413	Gastalho 10 x 2,5 cm		3,0300
SICRO2	M621	Desmoldante		7,8038

SICRO2	1 A 00 301 00	Fornecimento de Aço CA-25	3,7100	
7393	ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m ²	1,0000000
140	ORSE	Aço CA - 50 Ø 6,3 a 12,5mm, inclusive corte, dobragem, montagem e colocacao de ferragens nas formas, para superestruturas e fundações - R1	kg	1,8900000
10549	ORSE	Encargos Complementares - Servente	h	1,8800000
10550	ORSE	Encargos Complementares - Pedreiro	h	0,4400000
1286	ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, h=12cm, el. enchimento em bloco EPS, h=8cm	m ²	1,0000000
1569	ORSE	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m ³ /m (angelim, louro)	m	1,7100000
6995	ORSE	Madeira mista serrada (sarrafo) 2,2 x 5,5cm - 0,00121 m ³ /m	m	0,9700000
00000367	SINAPI	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m ³	0,0490000
00001379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	#####
00004750	SINAPI	PEDREIRO	H	0,4400000
00004718	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,0330000
00004721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,0110000
00005075	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	KG	0,0300000
00006111	SINAPI	SERVENTE DE OBRAS	H	1,8800000
00010567	SINAPI	TABUA DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 23* CM (1 x 9 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,5600000

**ANEXO B – COMPOSIÇÕES UTILIZADAS NO ORÇAMENTO DO PROJETO
EM CONCRETO ARMADO**

Código	Banco	Descrição	Und	Quant.
040180	SBC	ACO CA-50 PARA PILARES	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
000344	SBC	ACO CA 50 MEDIO (5,0mm a 25,0mm) (3/16" a 1")	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0200000
040184	SBC	ACO CA-60 PARA PILARES	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
000343	SBC	ACO CA 60 MEDIO (4,2mm a 9,5mm)	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0150000
040181	SBC	ACO CA-50 PARA VIGAS	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0980000
000344	SBC	ACO CA 50 MEDIO (5,0mm a 25,0mm) (3/16" a 1")	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0200000
040183	SBC	ACO CA-60 PARA VIGAS	KG	1,0000000
88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
000343	SBC	ACO CA 60 MEDIO (4,2mm a 9,5mm)	KG	1,0500000
000400	SBC	ARAME GALVANIZADO #16 AWG	KG	0,0150000
040508	SBC	CONCRETO ESTRUTURAL USINADO FCK30MPa COM BOMBEAMENTO	m³	1,0000000
88243	SINAPI	AJUDANTE ESPECIALIZADO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,1420000

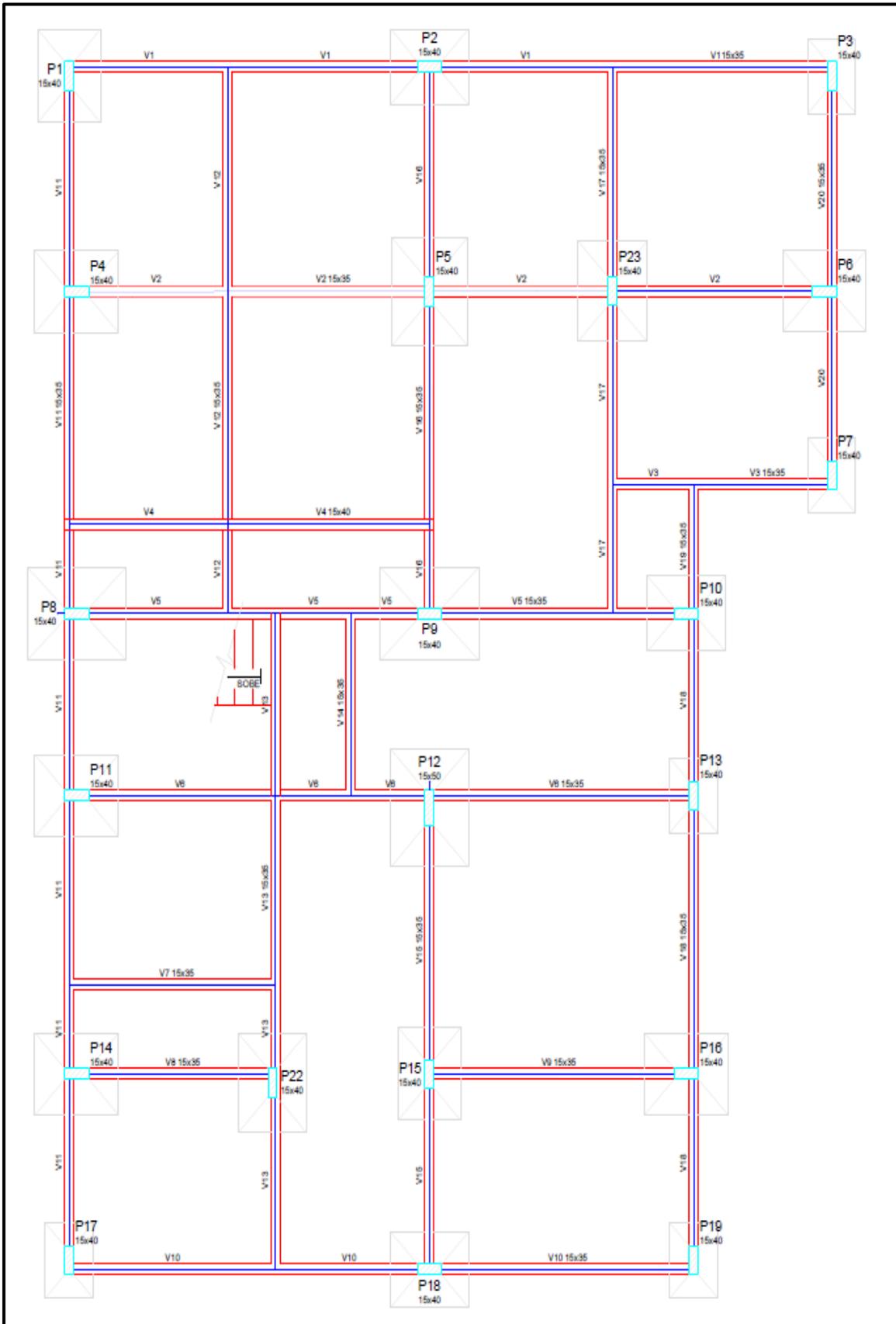
050008	SBC	CONCRETO USINADO 30.0 MPa BOMBEAVEL	m ³	1,0200000
021774	SBC	TAXA BOMBA (a partir 15MPa) PARA CONCRETO USINADO	m ³	0,1000000
89043	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CERÂMICA DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM), PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m ²	1,0000000
87495	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m ²	0,0992000
87503	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m ²	0,3540000
87519	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m ²	0,3390000

87511	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	0,2078000
93182	SINAPI	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	1,0000000
92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_09/2020	m²	0,1700000
92792	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,4900000
94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,0180000
87294	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_08/2019	m³	0,0019000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0840000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1020000
00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0060000
00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,0000000
93182	SINAPI	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	1,0000000

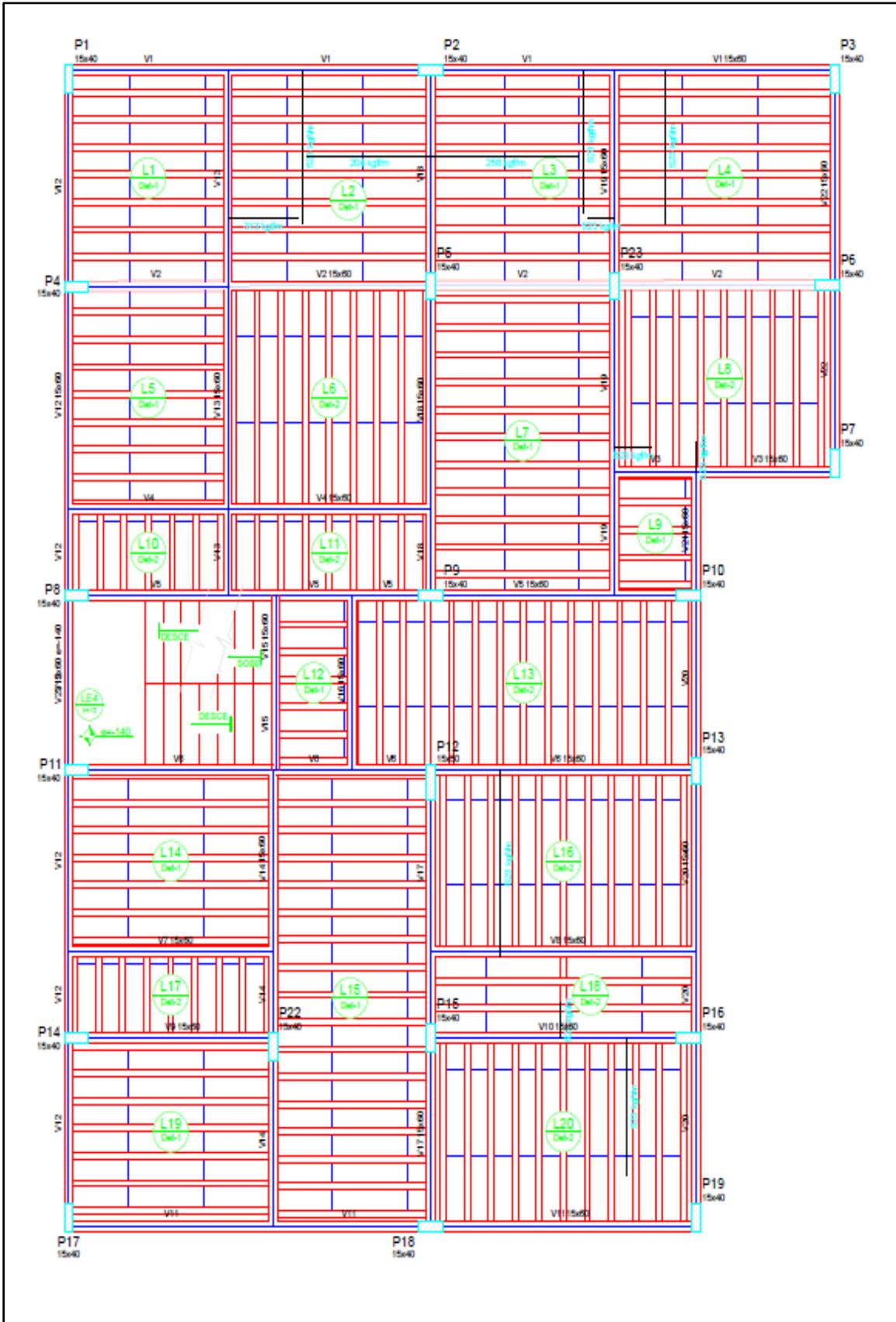
92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_09/2020	m²	0,1700000
92792	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,4900000
94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,0180000
87294	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_08/2019	m³	0,0019000
88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0840000
88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1020000
00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0060000
00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,0000000
1 A 01 402 01	SICRO2	Forma de placa compensada resinada	m²	1,0000000
E509	SICRO2	Grupo Gerador : Heimer : GEHMI-40 - 32,0 KVA	0,00	21,9603
E904	SICRO2	Máquina de Bancada : Maksiwa : SCMA - serra circular de 12"	0,00	2,2742
T603	SICRO2	Carpinteiro	-	0,0890000
T701	SICRO2	Servente	-	0,0890000
SICRO2	M320	Pregos de ferro 18x30	-	4,9500
SICRO2	M406	Caibros de 7,5 cm x 7,5 cm	-	20,8700
SICRO2	M410	Compensado resinado de 17 mm	-	21,2810
SICRO2	M413	Gastalho 10 x 2,5 cm	-	3,1200
SICRO2	M621	Desmoldante	-	7,2792
SICRO2	1 A 00 301 00	Fornecimento de Aço CA-25	-	3,4100

7393	ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m ²	1,0000000
140	ORSE	Aço CA - 50 Ø 6,3 a 12,5mm, inclusive corte, dobragem, montagem e colocação de ferragens nas formas, para superestruturas e fundações - R1	kg	1,8900000
10549	ORSE	Encargos Complementares - Servente	h	1,8800000
10550	ORSE	Encargos Complementares - Pedreiro	h	0,4400000
1569	ORSE	Madeira mista serrada (barrote) 6 x 6cm - 0,0036 m ³ /m (angelim, louro)	m	1,7100000
6995	ORSE	Madeira mista serrada (sarrafo) 2,2 x 5,5cm - 0,00121 m ³ /m	m	0,9700000
00000367	SINAPI	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m ³	0,0490000
00001379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	15,0000000
00004750	SINAPI	PEDREIRO	H	0,4400000
00004718	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,0330000
00004721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,0110000
00005075	SINAPI	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	KG	0,0300000
00006111	SINAPI	SERVENTE DE OBRAS	H	1,8800000
00010567	SINAPI	TABUA DE MADEIRA NÃO APARELHADA *2,5 X 23* CM (1 x 9 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	M	0,5600000

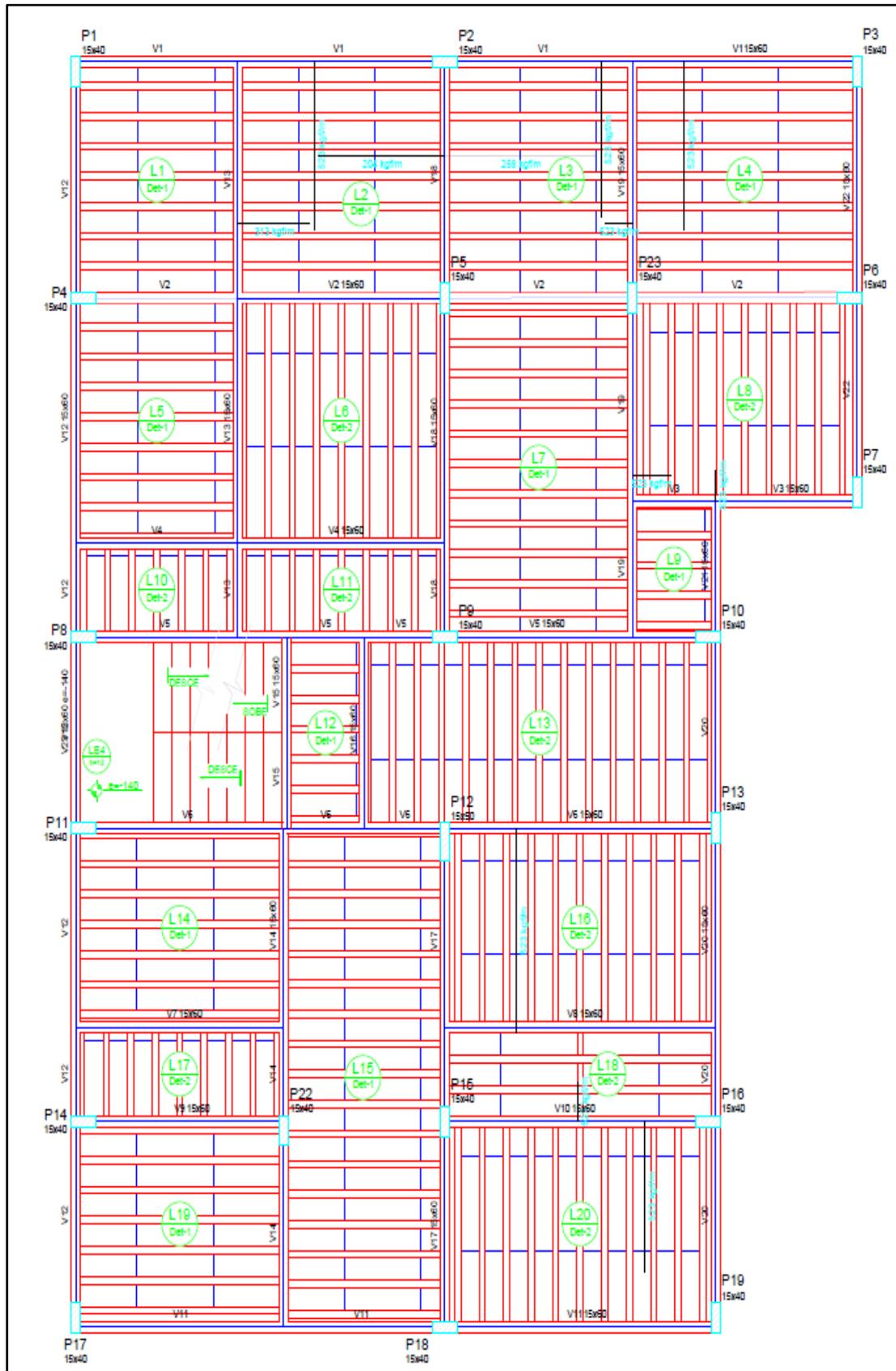
ANEXO C – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL FUNDAÇÃO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO



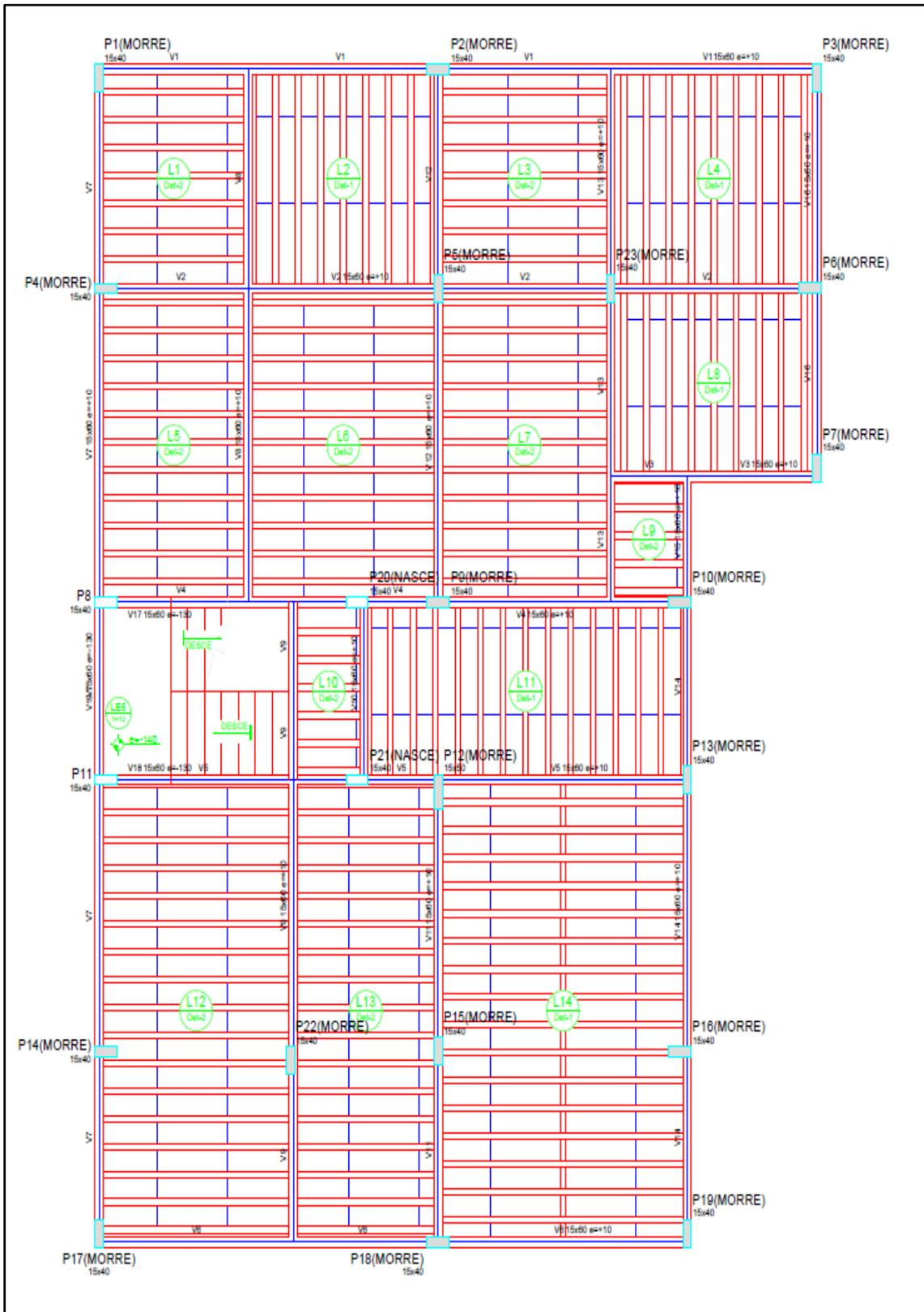
ANEXO D – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TÉRREO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO



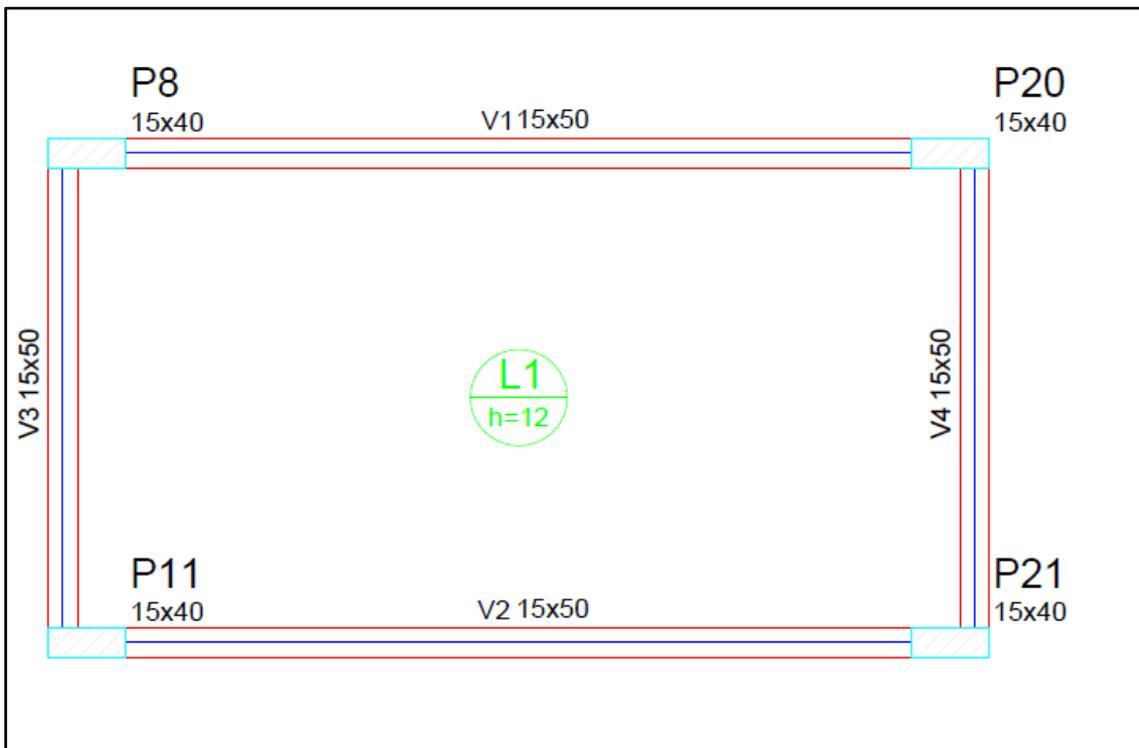
ANEXO E – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TIPO 1 DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO



ANEXO F – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL TIPO 2 DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO



ANEXO G – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL BARRILETE DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO



ANEXO H – PLANTA DE FÔRMA DO NÍVEL CAIXA D'ÁGUA DO PROJETO
EM CONCRETO ARMADO

