

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GUSTAVO CARVALHO DIAS RIGHI

Análise comparativa entre o sistema de alvenaria estrutural e o de paredes de concreto com fôrmas de alumínio para edifícios do segmento econômico em São Paulo.

São Paulo

2025

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GUSTAVO CARVALHO DIAS RIGHI

Análise comparativa entre o sistema de alvenaria estrutural e o de paredes de concreto com fôrmas de alumínio para edifícios do segmento econômico em São Paulo.

Versão original

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Especialista em Tecnologia e
Gestão na Produção de Edifícios

Orientador:
Prof. Maurício Bernardes

São Paulo
2025

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Righi, Gustavo

Análise comparativa entre o sistema de alvenaria estrutural e o de paredes de concreto com fôrmas de alumínio para edifícios do segmento econômico em São Paulo / G. Righi -- São Paulo, 2025.

89 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Alvenaria Estrutural 2.Parede de Concreto 3.Viabilidade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli-Integra II.t.

Dedico esta monografia à minha família,
em especial à minha noiva Ylana, que
sempre me apoiaram ao longo do curso e
durante a escrita deste texto.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, que sempre foi minha maior rede de apoio. Sou imensamente grato aos meus pais, que sempre se preocuparam com minha educação e são o meu maior exemplo de resiliência e trabalho. Aos meus irmãos, agradeço por estarem sempre ao meu lado. A minha noiva, Ylana, merece um agradecimento especial por todo o carinho, paciência e suporte durante o curso e a elaboração deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores desta pós-graduação pelos ensinamentos que certamente contribuíram para o meu crescimento profissional. Dentre eles, gostaria de destacar especialmente os professores e coordenadores do curso, Francisco Cardoso e Mércia Barros.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Mauricio Bernardes, que foi, sem dúvida, o maior incentivador na escrita deste trabalho. Meu especial agradecimento vai, principalmente, à sua disponibilidade e dedicação, sempre me atendendo e orientando durante as manhãs, esclarecendo os caminhos a seguir. Além do direcionamento na redação do texto, levo comigo os valiosos ensinamentos compartilhados por este professor.

Agradeço também aos meus colegas de classe, cujas discussões enriqueceram as aulas e que foram excelentes companheiros durante os intervalos no café. A troca de experiências com os colegas, professores e convidados durante esses momentos foi tão valiosa quanto o conteúdo abordado nas aulas. De forma especial, agradeço aos meus amigos e companheiros de grupo Fernando Coutinho, Gustavo Henrique e Renan Navajas, pela parceria e amizade.

RESUMO

Referência bibliográfica ao trabalho de monografia: RIGHI, Gustavo. **Análise comparativa entre o sistema de alvenaria estrutural e o de paredes de concreto com fôrmas de alumínio para edifícios do segmento econômico em São Paulo**. 2025. Número de páginas p.:93 il. Monografia (Especialidade em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

A viabilidade de empreendimentos residenciais no segmento econômico depende, em grande parte, do controle de custos e do tempo de execução das obras. Entre 2020 e 2022, o aumento expressivo dos custos da construção civil no Brasil pressionou as margens das construtoras, que não conseguiram repassar integralmente esses aumentos aos consumidores. Em resposta a esse cenário, as empresas do setor buscaram racionalizar seus processos construtivos, adotando diferentes estratégias. Algumas mantiveram o processo tradicional de alvenaria estrutural, enquanto outras investiram em sistemas mais padronizados, como o uso de paredes de concreto moldadas *in loco*, ou até em novas tecnologias, como o sistema *light wood frame*. Este trabalho tem como objetivo comparar dois dos principais métodos construtivos no segmento habitacional econômico: alvenaria estrutural e parede de concreto com fôrmas de alumínio. A pesquisa busca identificar as variáveis técnicas e econômicas que influenciam a escolha desses métodos, considerando fatores como custos de produção, ciclos de execução, fluxo de caixa, além das vantagens e limitações de cada sistema. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre ambos os processos, além de visitas a obras para a coleta de dados do mercado, e entrevistas com engenheiros especializados no processo de execução de parede de concreto. Após a revisão bibliográfica, é apresentado um estudo de caso cujo objetivo principal é a comparação entre os dois processos construtivos. Nesse estudo, foi elaborado o levantamento e orçamento do projeto em questão. Como resultado, apresenta-se um quadro comparativo destacando os subsistemas com as maiores diferenças de custos entre os dois processos. Para o mesmo estudo de caso, também é apresentada uma previsão do fluxo de caixa, comparando os dois processos e seus respectivos resultados financeiros. Por fim, elabora-se uma matriz de decisão, na qual os critérios são avaliados com diferentes pesos de importância, funcionando como uma ferramenta para auxiliar na escolha do processo mais adequado. A conclusão do trabalho indica que as premissas a serem avaliadas na seleção do processo construtivo são diversas, sendo fundamental o alinhamento entre o processo

construtivo e o perfil da empresa construtora/incorporadora, além do conhecimento do mercado de atuação e dos stakeholders envolvidos na operação, desde os consumidores até a disponibilidade de insumos e serviços.

Palavras chaves: Habitação Econômica, Projetos de construção econômicos, Metodologia construtiva econômica, Sistema de parede de concreto, Sistema de alvenaria estrutural.

ABSTRACT

Bibliographic reference to the monograph: RIGHI, Gustavo. **Comparative analysis between the structural masonry system and the concrete wall system with aluminum formworks for economic segment buildings in São Paulo**. 2025. 93 p. : ill. Monograph (Specialization in Technology and Production Management of Buildings) — University of São Paulo, São Paulo, 2025.

The viability of residential projects in the economic segment largely depends on cost control and the execution time of sites. Between 2020 and 2022, the significant increase in construction costs in Brazil put pressure on the margins of construction companies, which were unable to fully pass on these increases to consumers. In response to this scenario, companies in the sector sought to rationalize their construction processes by adopting different strategies. Some maintained the traditional masonry system, while others invested in more standardized systems, such as the use of on-site poured concrete walls or even new technologies like the light wood frame system. This study aims to compare two of the main construction methods in the affordable housing segment: structural masonry and concrete walls with aluminum formwork. The research seeks to identify the technical and economic variables that influence the choice of these processes, considering factors such as production costs, execution cycles, cash flow, and the advantages and limitations of each system. To achieve this, a literature review of both processes was conducted, along with site visits for the collection of current market data and interviews with engineers specialized in concrete wall construction. After the literature review, a case study is presented, with the primary goal of comparing the two construction processes. In this study, the project budget and scope were developed, and the results include a comparative chart highlighting the subsystems with the greatest cost differences between the two processes. For the same case study, a cash flow forecast is also presented, comparing both processes and their respective financial outcomes. Finally, a decision matrix is created, where the criteria are assessed with different weights of importance, serving as a tool to assist in selecting the most suitable process. The conclusion of the study asserts that the factors to be considered when selecting the construction process are numerous. It is essential to align the construction process with the profile of the construction/investment company and to have knowledge of the operating market and the stakeholders involved in the project, from the consumers to the availability of materials and services.

Key words: Affordable Housing, Economic Construction Projects, Economic Construction Methodology, Concrete Wall System, Structural Masonry System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 –Indicação da alvenaria estrutural e seus elementos

Figura 2.2 - Detalhamento dos blocos - modulação 40cm

Figura 2.3 - Detalhamento dos blocos - modulação 30cm

Figura 2.4 - Amarrações dos blocos 34 e 54

Figura 2.5 - Principais tipologias de blocos

Figura 2.6: Composição de coeficientes SINAPI – Alvenaria Estrutural

Figura 3.1 - Retrato do sistema de fôrmas após concretagem

Figura 3.2 - Fachada antes da aplicação do revestimento externo

Figura 3.3 - Rebaixo do concreto na função de contramarco - Fôrma de alumínio

Figura 3.4 - Componentes de travamentos entre os painéis

Figura 3.5 – Sistemas de proteção perimetral para parede de concreto

Figura 4.1- Planta de vendas do pavimento térreo do empreendimento Light 473
(estudo de caso)

Figura 4.2 – Paredes em Alvenaria Estrutural – Estudo de Caso

Figura 4.3 – Paredes de Vedação – Estudo de Caso

Figura 4.4 – Etapas de concretagem das paredes de concreto – Estudo de caso

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Número mínimo de corpos de prova destinados aos ensaios iniciais de caracterização.

Tabela 2.2: Ciclo de produção em alvenaria estrutural – Sistema em X.

Tabela 2.3: Ciclo de produção em alvenaria estrutural – Sistema sequencial.

Tabela 2.4: Composição de custos SINAPI – Alvenaria Estrutural – Cod. 89455

Tabela 3.1: Produtividades da Parede de Concreto – Fôrmas

Tabela 4.1: Indicadores financeiros – Estudo de Caso

Tabela 4.2: Matriz de decisão

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEF - Caixa Econômica Federal

DATEc - Documento de Avaliação Técnica

IBTS - Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

MCMV - Minha Casa Minha Vida

SiNAT - Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

RDM - Revestimento Decorativo Monocamada

Sumário

1. Introdução	13
1.1 Contexto.....	13
1.2 Objetivos	16
1.3 Metodologia	16
1.4 Estruturação do trabalho	16
2. Processo construtivo de edifícios em alvenaria estrutural	18
2.1 Caracterização.....	18
2.2 Histórico de utilização e representatividade no mercado	22
2.3 Componentes e elementos	23
2.3.1 Blocos.....	23
2.3.2 Argamassa.....	26
2.3.3 Graute	26
2.3.4 Controle tecnológico	27
2.3.5 Disponibilidade e capacitação de mão de obra	28
2.4 Ciclo de produção	29
2.4.1 Estrutura.....	29
2.4.2 Subsistemas.....	33
2.5 Custos de produção.....	34
2.5.1 Custos diretos.....	34
2.5.2 Custos indiretos.....	35
2.6 Fatores promotores e limitantes da sua utilização	36
2.6.1 Padronização x Escala	36
2.6.2 Exposição financeira	37
2.6.3 Restrições de projetos	38
2.6.4 Produtividade da mão de obra.....	39
3. Processo construtivo de edifícios em parede de concreto com fôrmas de alumínio.....	40
3.1 Caracterização.....	40
3.2 Histórico de utilização e representatividade no mercado	43
3.3 Componentes e elementos	45
3.3.1 Fôrmas de alumínio:	45
3.3.2 Concreto	48
3.3.3 Armação	49
3.3.4 Controle tecnológico	49
3.3.5 Disponibilidade e capacitação da mão de obra	50
3.4. Ciclo de produção	51

3.4.1 Estrutura.....	51
3.4.2 Subsistemas.....	54
3.5 Custos de produção.....	55
3.5.1 Custos diretos.....	55
3.5.2 Custos indiretos.....	58
3.6 Fatores promotores e limitantes da sua utilização.....	58
3.6.1 Padronização e Escala	58
3.6.2 Exposição financeira	59
3.6.3 Restrições de projetos	60
3.6.4 Produtividade da mão de obra	61
4. Estudo de Caso.....	63
4.1 Caracterização do empreendimento	63
4.2 Viabilidade Econômica da Estrutura em Alvenaria Estrutural	65
4.3 Viabilidade Econômica do Sistema de Paredes de Concreto com Fôrmas de Alumínio.....	66
4.4 Custos Indiretos e Duração da Obra.....	68
4.5 Premissas do Estudo de Caso	68
4.6 Levantamentos do Projeto.....	70
4.7 Tabela de Composições de Custos do SINAPI (adaptado).....	71
4.8 Memória de Cálculos.....	72
4.8.1 Custos de Alvenaria Estrutural	72
4.8.2 Custos de Parede de Concreto com Fôrmas de Alumínio moldadas in loco	73
4.8.3 Custos dos Subsistemas	74
4.8.4 Comparação de Custos	75
4.8.5 Resumo	76
4.9 Análise dos resultados	77
4.9.1 Análise das maiores diferenças de custos	77
4.9.1.1 Estrutura	77
4.9.1.2 Vedações internas	77
4.9.1.3 Revestimento externo	78
4.9.1.4 Despesas indiretas.....	78
4.9.2 Análise do Fluxo de Caixa.....	78
4.9.3 Matriz de decisão	81
5. Conclusão	84

1. Introdução

1.1 Contexto

Para entendimento do desenvolvimento de processos construtivos no Brasil é necessário conhecer o contexto histórico de sua inserção no mercado e os estímulos empregados para sua atualização tecnológica. Pela extensão territorial e pelas diversas influências advindas de países europeus, seja pela colonização, seja pelos fluxos migratórios, até o início do século XIX, as técnicas comumente empregadas para construção no Brasil eram diversas, porém, semelhantes no uso de metodologias artesanais (BARROS, 2013).

Até o século XVII, o setor da construção utilizava como parte de sua força de trabalho serventes, sendo os processos construtivos, em sua maioria, de pau a pique, pedra com barro e tijolo e cal (VARGAS, 1994 apud BARROS, 2013). Segundo Telles (1984), neste período, a condição de trabalho envolvia mão-de-obra abundante e parcialmente assalariada desestimulando inovações.

Um dos primeiros estímulos para o aperfeiçoamento das metodologias construtivas aconteceu no início do século XIX com a chegada da corte portuguesa ao Brasil. Neste período foram implantadas as primeiras escolas militares e de engenharia, na qual passaram a se estudar os métodos construtivos de forma científica (FARAH, 1992 apud BARROS, 2013). Como consequência do conhecimento técnico desenvolvido, no final do século XIX, outro fator importante para o progresso do setor da construção foi o início da produção de insumos industrializados, sendo o tijolo de barro um dos primeiros insumos de obra a ser produzido em fábricas. (VARGAS, 1994).

Enquanto o Brasil montava suas primeiras fábricas de tijolos cerâmicos, já era possível importar materiais mais industrializados como: estrutura metálica pré-fabricada, componentes hidráulicos e aço galvanizado (IPT, 1988). Para BENTO (2005) a dependência de tecnologias estrangeiras no início do século XX foi um dos motivos que ocasionou o desenvolvimento tardio da indústria de materiais de construção no Brasil. Segundo Coronel, Azevedo & Campos (2014), somente a partir de 1930, foram implementadas políticas públicas para a substituições das importações, tendo como objetivo fomentar o setor da indústria nacional.

Movido por incentivos de políticas públicas e urbanização acelerada, no século XX foram desenvolvidos importantes indústrias como, por exemplo, a do cimento e

siderúrgica, reduzindo a dependência de importações de insumos do segmento. O desenvolvimento da indústria de materiais de construção permitiu inovações em processos construtivos possibilitando a redução de metodologias artesanais e a melhora nos níveis de produtividade (FERREIRA, 2014).

O conceito de industrialização da construção é discutido no meio acadêmico e profissional há décadas. Nesse sentido, este trabalho adotará a definição de SABBATINI (1989), que, apesar de apresentada pelo autor há mais de três décadas, mostra-se atual, definida da seguinte forma: “um processo evolutivo que através de ações organizacionais e da implantação de inovações tecnológicas [...] objetiva incrementar a produtividade, o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva”.

Trazendo o tema ao período presente, CEOTTO (2023) faz uma crítica ao lento avanço da industrialização da construção nos últimos 20 anos. Ele considera que a carência de estímulos como: incentivos públicos, integração da cadeia produtiva, falta de padronização e escala de produção, pouco interesse na redução de prazos de obras e mudança cultural, tornam as construções industrializadas sem relevância no segmento da construção civil nacional, em comparação com os processos convencionais.

Ressalta-se que o tema da industrialização da construção é essencial na análise desse trabalho e será retomado ao longo do texto.

Acrescenta-se que a industrialização brasileira foi inicialmente impulsionada na década de 1930, durante o governo do presidente Getúlio Vargas, e retomada nos anos 1960, na presidência de Juscelino Kubitschek sendo o objetivo de seu governo o desenvolvimento do setor industrial. (Coronel, Azevedo, & Campos, 2014).

Em 1964, somado ao crescimento da indústria, foi estabelecido o Banco Nacional de Habitação (BNH), promovendo a produção de edificações de âmbito social em larga escala. Através desse programa de incentivo, houve aumento na industrialização dos materiais de construção e as empresas atuantes se fortaleceram, possibilitando a inovação de processos construtivos (AZEVEDO, 1998).

Durante o período das décadas de 1960 e 1970, dado a disponibilidade de recursos do BNH e tendo como principal motivação a solução do déficit habitacional, foram

adotados diversos processos construtivos desenvolvidos em outros países. De acordo com Franco (1992 p.15):

Essa postura mostrou-se, ao longo do tempo, geradora de sérios problemas, tanto gerenciais, pelo desconhecimento dos profissionais envolvidos [...] quanto técnicos [...] pela falta de durabilidade motivada por adaptações feitas sem critérios.

A aplicação desses processos importados, ainda sem estudo científico no Brasil, determinaram inúmeros problemas, tais como patologias construtivas. Isso colaborou para a formação de uma imagem negativa para os processos não tradicionais (FRANCO, 1992).

A produção em massa que permitiu experimentação de novas tecnologias foi encerrada no início da década de 1980 com o término do BNH. Neste período a construção experimentou uma grande depressão, na qual, apesar da demanda por moradias, a elevada inflação e juros apresentavam insegurança ao construtor. As construções da época foram limitadas as tecnologias tradicionais em um cenário de mão-de-obra mal remunerada, intensivo uso de materiais e consequentemente, baixa produtividade (BARROS, 2013).

Neste período ainda, completar a obra dentro do custo previsto era um desafio, gerando insegurança ao construtor. Com isso, gestores de obras preocupados com o orçamento, passaram a visualizar despesas que poderiam ser mitigadas como desperdícios de materiais, retrabalhos e ociosidade da mão de obra (QUAGLIO, 2018). Assim, segundo Barros (2013, p. 10) “de 1987 a 1995, foram desenvolvidos, avaliados e implantados métodos e processos construtivos racionalizados, dentre os quais alvenaria estrutural não armada com elevada produtividade e baixo custo de produção.”

O processo construtivo no Brasil, até então, majoritariamente artesanal e, portanto, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização e de elevado desperdício, migrava para um sistema de produção racionalizada.

Segundo IPT (1988), a definição de um processo de racionalização envolve empresas que “procuram obter ganhos de produtividade e minimizar os custos e prazos, sem uma ruptura da base produtiva que caracteriza o setor”. Ainda, para o seu atingimento,

são necessárias técnicas construtivas que contribuam para a otimização de recursos humanos, materiais e financeiros.

Outra definição de “racionalização construtiva”, lecionada pelo professor da USP Franco (2023) e que será adotada para o presente trabalho, a conceitua como “ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos naturais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, financeiros disponíveis em todas as fases da obra”.

Nos próximos capítulos serão analisados os processos construtivos de alvenaria estrutural e parede de concreto com fôrmas de alumínio para empreendimentos residências do segmento econômico. Nestes, serão explorados os conceitos de industrialização e racionalização construtiva para ambos os processos.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é comparar variáveis técnicas e econômicas dos processos construtivos de alvenaria estrutural e parede de concreto com fôrmas de alumínio, indicando fatores determinantes para a sua escolha em edificações habitacionais voltadas para o segmento econômico.

Para isso serão analisados os custos de produção de ambos os processos construtivos e os principais fatores promotores e limitantes da adoção de cada sistema. Posteriormente, será desenvolvido estudo de caso comparando a viabilidade financeira dos processos e por fim, será apresentada uma matriz de decisão com base em critérios previamente explicados.

1.3 Metodologia

A metodologia do trabalho possui abordagem de análise teórica para os capítulos dois, três e quatro, no qual, o texto é embasado por referências bibliográficas do tema e complementado com informações de mercado coletadas em visitas à obras e entrevistas com profissionais da área. No capítulo cinco é apresentado um estudo de caso referente ao empreendimento Light 473.

1.4 Estruturação do trabalho

O presente trabalho será desenvolvido utilizando uma abordagem que combina revisão bibliográfica, coleta de dados, análise comparativa e estudo de caso.

Os capítulos dois e três envolvem uma revisão bibliográfica sobre os processos construtivos de alvenaria estrutural e de parede de concreto moldada no local com fôrmas de alumínio.

Será feita uma análise de livros técnicos relacionados ao objetivo de pesquisa, artigos acadêmicos, normas técnicas e notas de aula do curso Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios da Universidade de São Paulo. No capítulo quatro os dados coletados para ambos os processos serão comparados.

No capítulo cinco será apresentado o estudo de caso do projeto Light 473, no qual, será elaborado um estudo de viabilidade técnica e econômica do empreendimento para os processos de alvenaria estrutural e parede de concreto moldada no local com fôrmas de alumínio.

Por fim, será desenvolvida uma matriz de decisão para auxiliar na seleção do processo construtivo mais adequado. A matriz será elaborada com base na análise comparativa e no estudo de caso, considerando as variáveis críticas identificadas, mas que deverá ser adaptada ao perfil da empresa que pretenda adotá-la.

1.5 Justificativa

A escolha do tema se deu por interesse do autor no tema e principalmente, para uso profissional no intuito de embasar os fatores econômicos e técnicos na escolha do processo construtivo de edificações de interesse econômico.

2. Processo construtivo de edifícios em alvenaria estrutural

2.1 Caracterização

O processo construtivo de alvenaria estrutural é normatizado pela ABNT NBR 16868:2020, estruturada em três partes: Projeto (Parte I), Execução e Controle de Obras (Parte II), e Métodos de Ensaio (Parte III). Apesar da norma envolver a alvenaria estrutural com uso de blocos de concreto e cerâmico, o presente trabalho irá analisar unicamente o processo com blocos de concreto, pois trata-se do sistema mais usual no mercado.

A NBR 16868:2020 não define de forma específica a alvenaria estrutural, dessa forma, serão apresentadas referências de profissionais reconhecidos do mercado. Segundo, Mohamad (2020), a alvenaria estrutural é formada por blocos modulares amarrados, que junto com argamassa, compõe as paredes, sendo elas, responsáveis por absorver as tensões atuantes verticais e horizontais. Já Tauil e Nese (2010, p. 21) conceitua o sistema de paredes de alvenaria estrutural como:

“Conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes.”

Ainda, o autor do presente trabalho, como engenheiro residente de obras em alvenaria estrutural, completa que para o melhor benefício do sistema, idealmente, a edificação em alvenaria estrutural deve ser projetada com continuidade de paredes sobre paredes. A Figura 2.1 apresenta os principais elementos da parede de alvenaria estrutural.

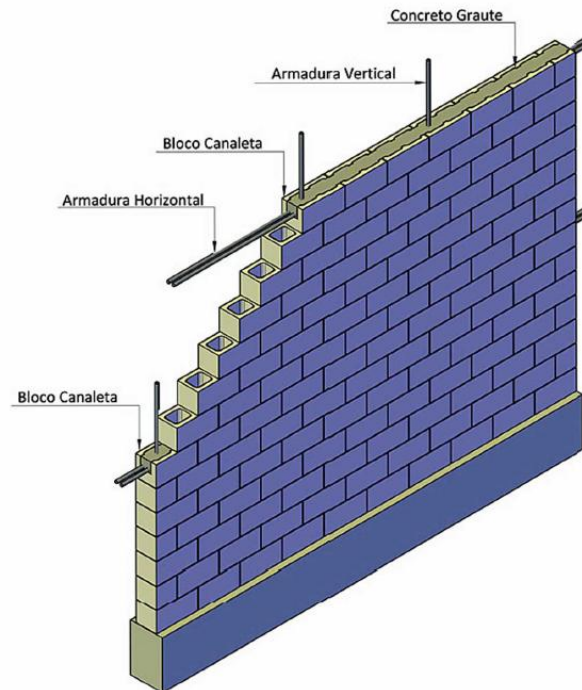


Figura 2.1: Indicação da alvenaria estrutural e seus elementos
 Fonte: (Tauil; Nesse, 2010, p. 72)

No processo de alvenaria estrutural, o assentamento de blocos modulares permite elevado nível de racionalização. No sistema, as paredes empregam função de estrutura e vedação, reduzindo etapas construtivas e possibilitando ganhos de velocidade. Para isso, o ponto de partida é a definição do elemento padronizado para a modulação (SILVA, 2003).

A base modular da alvenaria estabelece a dimensão dos blocos e proporciona melhora no entrosamento com outros subsistemas, como as instalações e caixilhos (FRANCO, 1992). Mohamad (2020, p. 63) completa “tratando-se de uma adequação modular, deve-se definir a família do bloco”, para tanto, “na análise preliminar deve aparecer a disposição dos blocos em planta, demonstrando a modulação”.

Atualmente, as bases modulares mais comuns em mercado para blocos de concreto são de 30cm e 40cm no comprimento, sendo que, a modulação ideal é a que for múltipla do maior número de paredes do projeto. Dessa forma, a quantidade de blocos diferentes da base dimensional padrão, que possuem maior custo, são reduzidos (MOHAMAD, 2020).

As demais dimensões dos blocos de concreto estruturais, altura e largura, possuem medidas padrão e raramente são alteradas. A altura dos blocos é padronizada em 19cm, na qual, com o complemento de 1 cm de argamassa, a base modular é 10cm. Assim, as alturas de peitoril e caixinhas de passagem elétricas, para garantir maior racionalização, seguem a mesma base modular evitando rasgos em paredes, absolutamente contraindicados neste sistema. A modulação da alvenaria também determina a altura do pé direito dos pavimentos, sendo as medidas mais comuns no mercado do segmento econômico 2,6m e 2,80m (Ramos, 2001).

Por fim, os blocos de concreto estruturais possuem largura com dimensão predominante de 14cm e as suas diversas tipologias são apresentadas nas Figuras 2.2 e 2.3. É possível construir edificações com blocos de 19cm de largura, no entanto, além de seu custo unitário superior, possui peso 30% maior, prejudicando a produtividade, limitando a disponibilidade de mão-de-obra interessada em fazê-la. Dessa forma, no Brasil o uso do bloco de 19cm de largura em edificações é esporádico, normalmente associado a edifícios com maior número de andares, usualmente acima de 19 pavimentos.

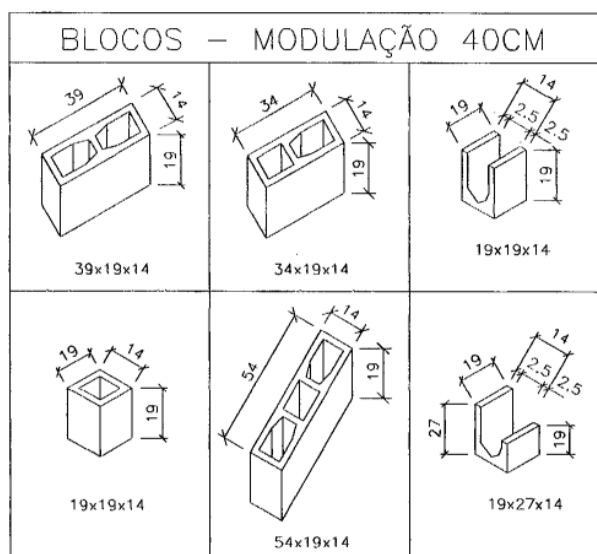


Figura 2.2: Detalhamento dos blocos – modulação 40cm
Fonte: (Ramos, 2001 p. 23)

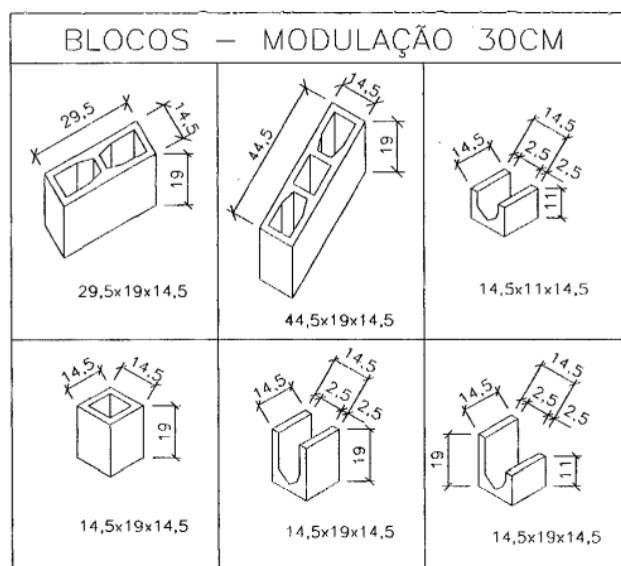


Figura 2.3: Detalhamento dos blocos – modulação 30cm
Fonte: (Ramos, 2001 p. 26)

A base modular do projeto envolve mais fatores técnicos além da adequação ao layout arquitetônico, destacando-se: a. particularidades do manuseio e assentamento, b. custo do bloco e consumo de argamassa e c. desempenho do sistema (MOHAMAD, 2020).

Outro fator de racionalidade construtiva que beneficia o processo de alvenaria estrutural está relacionado a seus revestimentos. Segundo Crescencio e Barros (2005), a base com rigor geométrico exigida na tecnologia de alvenaria estrutural, garante a aplicação de revestimentos de menor espessura, viabilizando tecnologias alternativas, como o revestimento externo decorativo monocamada (RDM).

O RDM, popularmente conhecido como monocapa, tem elevado nível de racionalização. O revestimento de argamassa à base cimentícia com pigmento incorporado à sua composição possui camada única com baixa espessura e dispensa a pintura final. Assim, o revestimento decorativo monocamada possibilita a execução da fachada com menor uso de material e mão de obra, possibilitando agilidade e economia à construção (CRESCENCIO E BARROS, 2005).

Por fim, ressalta-se que o potencial de racionalização da alvenaria estrutural pode ser incrementado quando utilizados os materiais e equipamentos apropriados, garantindo

maior velocidade às equipes de produção (Ramos, 2001). Neste sentido, no processo é possível utilizar elementos pré-moldados como verga de portas e para as escadas, gabaritos de ferro ou alumínio para garantia dos vãos como em portas e janelas, e equipamentos de apoio logístico como o “carrinho paleteiro” de transporte de blocos e silos para argamassa com sistema de bombeamento.

2.2 Histórico de utilização e representatividade no mercado

A técnica de assentamento de blocos de pedra e cerâmico intertravado com ou sem argamassa ligante existe desde a antiguidade, empregada em construções como as pirâmides do Egito, o Coliseu Romano e a Catedral de Notre Dame (MOHAMAD, 2020). Ao analisar imagens de construções antigas é possível perceber que já havia preocupação com a modulação de blocos de pedra irregulares e a amarração destes elementos entre as fiadas.

O processo de alvenaria estrutural, como é conhecido hoje, começou a ser estudado a partir da escassez de concreto e aço causados pela Segunda Guerra Mundial. A literatura nomeia o professor suíço Paul Haller como pioneiro em realizar experimentos com paredes e seus resultados serviram de base para o desenvolvimento de um projeto de dezoito pavimentos, construído com paredes de espessura de 30 a 38cm (MOHAMAD, 2020). Ainda na década de 1950, tendo amplos resultados experimentais para a época, as normalizações apresentaram critérios básicos para o projeto de paredes à compressão, no entanto, composto por técnicas rudimentares (MOHAMAD, 2020).

No Brasil, o processo de alvenaria estrutural começou a ser empregado na década de 1960, no qual, não existia regulamentação técnica nacional e o método se baseava na experiência dos construtores. Na época, era comum a produção de edificações de até quatro pavimentos, onde os três primeiros andares eram de tijolos maciços e no último utilizado blocos vazados (OLIVEIRA et al., 2016).

É estimado que entre 1964 e 1966 tenham sido construídas mais de dois milhões de unidades habitacionais no processo de alvenaria estrutural no Brasil (SABBATINI, 2003). Entre eles, é citado por diversos autores a construção do Conjunto Habitacional Central Parque Lapa na cidade de São Paulo, popularmente conhecido pela execução em estrutura de alvenaria armada (TAUIL, 2018).

O estudo técnico do processo no Brasil, segundo Silvestre (2013), iniciou-se somente na década de 1970 através de pesquisas científicas pelas instituições IPT e USP em São Paulo. Já a normatização do processo foi iniciada com a ABNT NBR 7173:1982 estabelecendo requisitos para os blocos de concreto simples para alvenaria sem função estrutural e posteriormente com a NBR 15873:2010 regulando a coordenação modular para edificações.

A primeira normatização de alvenaria estrutural com blocos de concreto foi publicada no Brasil na NBR 1228:1989, como uma adaptação da norma americana, tratando dos requisitos de cálculo estrutural de blocos vazados. Posteriormente a norma foi atualizada, tratando do mesmo processo, publicada na NBR 10837:2011. Em 2020 houve uma nova publicação, a NBR 16868:2020, a norma vigente, que abrange a alvenaria estrutural para blocos de concreto e cerâmicos, é subdividida em três seções: projeto, execução e controle e métodos de ensaio.

Atualmente, a alvenaria estrutural é utilizada em casas térreas, edifícios com térreo + 3 pavimentos e edifícios altos podendo atingir mais de 20 andares. Segundo Ramalho (2003), dado a limitação de vão livres entre paredes de 4 a 5 metros, a técnica construtiva se mostra adequada para segmentos residenciais de médio ou baixo padrão, onde os ambientes são relativamente pequenos.

2.3 Componentes e elementos

A alvenaria estrutural é formada por quatro componentes básicos que influenciam diretamente em seu comportamento estrutural e resistência. Os componentes fundamentais são: blocos, argamassa de assentamento, graute e aço, sendo os últimos dois dispensados em caso de alvenaria não armada.

2.3.1 Blocos

Usualmente, os blocos utilizados no sistema são de concreto, produzidos em indústrias pelo processo de vibro compactação, podendo moldá-los em diferentes geometrias e resistências a compressão. Conforme já abordado na caracterização da alvenaria estrutural, o ponto de partida para o desenvolvimento do projeto é a definição da modulação, bem como, a base modular dos blocos (SILVA, 2003). A modulação de blocos de concreto mais comum no mercado brasileiro possui blocos inteiros com dimensão 14x19x39 e quando somada a espessura da argamassa, o padrão modular é de 40cm na horizontal e 20cm na vertical.

A edificação em alvenaria estrutural necessita vinculação dos elementos para garantir a sua rigidez global. Quando amarrada por intertravamento de blocos com interpenetração alternada de 50%, é chamada de amarração direta. A norma NBR 16868:2020 estabelece que o limite mínimo para essa amarração é de 25% da altura do bloco. Nessa maneira de vinculação, é necessário o uso de blocos especiais, pois fogem do padrão modular convencionado. No caso de amarração em L, é utilizado o bloco 14x19x34 e para amarração em T, é empregado o bloco 14x19x54, conforme indicado na Figura 2.4.

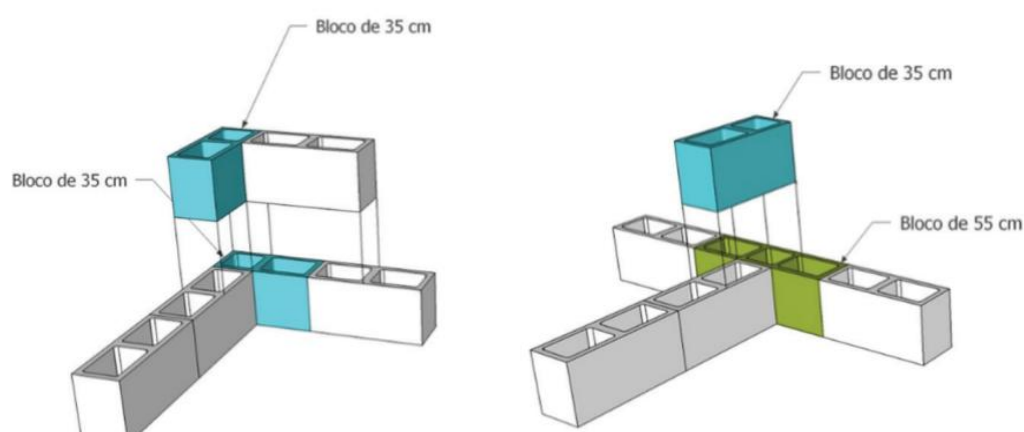


Figura 2.4: Amarrações com os blocos 34 e 54
Fonte: (Mohamad, 2020, p. 72)

Outra forma de amarração, chamada de indireta, acontece por meio de junta vertical a prumo entre alvenarias e ancoragem de grampos metálicos ou telas galvanizadas entre elas. Em geral a ancoragem de travamento é posicionada a cada duas fiadas de alvenaria, contudo esta situação, quando prevista, deve ser objeto de dimensionamento estrutural para avaliar a sua aplicabilidade.

Além das amarrações, as vergas e contra-vergas também são imprescindíveis na execução da alvenaria estrutural. Segundo Mohamad (2020), esses elementos atuam para estabilizar os esforços de tração no canto das aberturas, assim evitando, possíveis fissuras em 45° nos cantos do vão. As vergas e contra-vergas podem ser executadas em elemento pré-moldado ou, como é mais comum, executadas com bloco canaleta “U” devidamente armados ou grauteados. O posicionamento das canaletas grauteadas são indicadas na Figura 2.5.

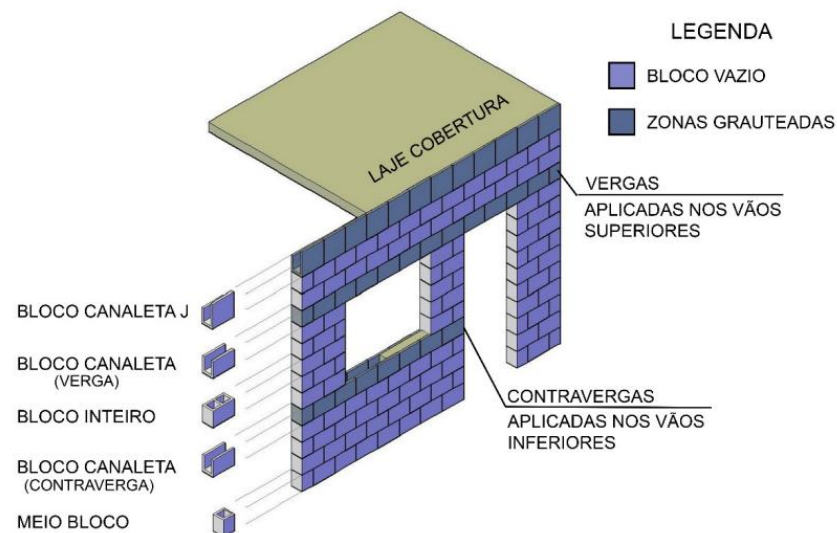


Figura 2.5: Principais tipologias de blocos
Fonte: (Kest, 2018 p. 53)

A ABNT NBR 6136:2016 estabelece os requisitos para blocos vazados de concreto simples para alvenaria e define família de blocos como a composição dos blocos inteiros (predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T, blocos compensadores e canaletas. Mohamad (2020, p. 67) salienta que:

Quanto maior a variedade de peças utilizadas na construção da alvenaria, maior será a dificuldade de execução e, conseqüentemente, menor será a construtibilidade do edifício, o que afetará diretamente a produtividade da obra. Do mesmo modo, o emprego de muitas peças especiais também impacta o custo da edificação.

Além da modulação geométrica e arranjo dos elementos, outro fator de fundamental importância é a classificação dos blocos, bem como, a sua resistência por pavimento. A ABNT NBR 6136:2016 classifica os blocos vazados destinados a alvenaria. As classificações são:

- Classe A: blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo e com resistência a compressão superior a 8MPa.
- Classe B: blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo e com resistência a compressão entre 4 e 8 MPa.

- Classe C: blocos com e sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do solo e resistência a compressão superior a 3 MPa.

A resistência dos blocos é determinada em função do traço de insumos adotado, chegando entre 4 e 20 MPa, o que permite a utilização em edifícios baixos e altos (PARSEKIAN, 2012). Neste mesmo tema, Mohamad (2020) completa afirmando que as resistências dos insumos devem ser padronizadas por pavimento e dimensionadas a partir da parede com tensão mais crítica. Assim, em prédios altos, os blocos e a argamassa possuem maior resistência nos andares inferiores, pois recebem a carga dos pavimentos acima. Dessa forma, numa edificação, a resistência dos componentes diminui ao longo de sua altura, pois sofre menores esforços de compressão.

2.3.2 Argamassa

A argamassa de assentamento possui em sua composição basicamente cimento, cal, areia e água (podendo ser aditivada) e possui como principal função a transmissão das ações horizontais e verticais de modo a não provocar fissuras Mohamad (2020). Ainda, segundo Sabbatini (1984), a argamassa possui funções complementares como a distribuição de cargas uniforme ao longo da parede, absorção das deformações naturais dos blocos e selagem das juntas das paredes para impedir a penetração de águas pluviais. Além disso, Parsekian, Hamid e Drysdale (2013) recomendam que resistência à compressão da argamassa de assentamento seja entre 0,7 a 1,5 vezes a resistência do bloco. Quando a carga predominante é vertical, o valor ideal deve ser próximo ao limite inferior, e quando a ação lateral é a predominante sua resistência deve ser próxima ao limite superior. Além das referências bibliográficas, a ABNT NBR 13281 estabelece os requisitos, critérios e métodos de ensaios para argamassas de assentamento de alvenaria.

2.3.3 Graute

O graute é composto dos mesmos insumos utilizados no concreto convencional, no entanto, com agregado graúdo mais fino (brita 0) e menor relação água cimento (Mohamad, 2020). O traço deve possuir alta fluidez, sendo usado para o preenchimento de vazios dos blocos, solidarizar as armaduras e dessa forma, aumentar a capacidade resistente da alvenaria (Kest, 2018). O graute é utilizado no preenchimento de blocos canaletas armadas, assentadas nas vergas e contra-vergas dos vãos e na última fiada das paredes. Também, podendo ser utilizado para o

preenchimento de uma linha vertical de blocos, aumentando assim a resistência a compressão do conjunto, sendo aplicado principalmente nas amarrações entre paredes (Kest, 2018). Além disso, Parsekian, Hamid e Drysdale (2013) recomendam que resistência à compressão do graute seja entre 2,0 e 2,5 vezes a resistência do bloco e com resistência mínima de 15MPa.

2.3.4 Controle tecnológico

Em edificações de alvenaria estrutural, todos os componentes com função estrutural devem ser ensaiados, ou seja, blocos, argamassa, graute e aço. Para os componentes industrializados, que são entregues à obra prontos para uso, sem necessidade de qualquer alteração, como os blocos e o aço, pode-se ou não aceitar os ensaios fornecidos pelos fabricantes. Embora a prática do mercado seja de receber alguns dos ensaios de seus fornecedores, é necessário controlar as características e propriedades dos componentes para que não haja surpresas nos ensaios de prismas. Empresas certificadas por organizações reconhecidas nacionalmente como o Inmetro, o Programa Setorial de Qualidade (PSQ) e a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) são algumas das opções para esta análise.

AABNT NBR 16868-2 exige que antes do início da obra sejam realizados ensaios de caracterização da resistência a compressão dos materiais e componentes a serem utilizados na construção. Dado que os resultados dos ensaios tecnológicos são apresentados com aproximadamente 7, 14 e 28 dias após a moldagem da amostra, caso não seja realizada a caracterização, a construtora sofre maior incerteza dos materiais não atingirem a resistência prevista pelo projetista (PARSEKIAN e MEDEIROS, 2021). A necessidade dos ensaios de caracterização antes do início da obra também é reforçada por Kest (2018 p. 126) “a alvenaria estrutural somente deverá ser executada com a garantia que as condições de qualidade dos componentes sejam atendidas”.

O principal ensaio realizado para a confirmação da capacidade de resistência a compressão das paredes é o ensaio de prismas. O prisma é um corpo de prova composto por dois blocos sobrepostos com junta de argamassa de 1cm, podendo ser oco, sem o preenchimento de graute, e cheio, com o preenchimento dos septos dos blocos com graute. Após executadas, as peças devem permanecer imóveis até a cura dos componentes e com a data de 28 dias da moldagem são ensaiados em prensa.

Segundo Parsekian e Medeiros (2021 p. 125) “a má aderência bloco-argamassa irá refletir baixa resistência de tração na flexão e está argamassa não deverá ser utilizada”. Os mesmos autores completam afirmando que caso a baixa aderência não seja descoberta nos ensaios de caracterização, baixas resistências e manifestações patológicas podem ocorrer no edifício.

Na tabela 2.1 indica-se o número mínimo de corpos de prova necessários conforme recomendação da norma ABNT específica.

Material ou elemento	Ensaio	Quantidade de corpos de prova	Método de ensaio ABNT
Bloco	Verificação dimensional	6	NBR 12118
	Resistência à compressão		
Argamassa	Resistência à compressão	6	NBR 16868-2 ou NBR 13279
Graute	Resistência à compressão	6	NBR 5739
Prisma (2 blocos)	Resistência à compressão	6	NBR 16868-3
Pequena parede	Resistência à compressão	6 (opcional)	NBR 16868-3
Parede	Resistência à compressão	3 (opcional)	NBR 16868-3
Prisma (5 blocos)	Resistência à tração na flexão	6 (recomendado sempre executar para verificar)	NBR 16868-3

Tabela 2.1: Número mínimo de corpos de prova destinados aos ensaios iniciais de caracterização.

Fonte: Parsekian e Medeiros (2021 p. 125)

Para a fase de obras a NBR 16868-2:2020, em seu item 8.2.3, recomenda que sejam executados no mínimo três prismas ocos e cheios por lote. Também se recomenda a moldagem adicional de igual número de prismas ocos e cheios para contraprova. Segundo Parsekian e Medeiros (2021) cada pavimento é um lote, assim, é necessário realizar um ensaio por pavimento, desde que os componentes não sejam alterados ao longo do processo do mesmo pavimento.

2.3.5 Disponibilidade e capacitação de mão de obra

O interesse pelo emprego no setor da construção civil tem diminuído ao longo dos anos, cuja maior evidência é a redução da oferta de mão de obra em quase 19% desde 2010, atingindo atualmente 2,6 milhões de trabalhadores diretos no setor (SOUZA, 2024). O autor cita ainda que principalmente os trabalhadores de menor idade tem se desinteressado pela construção civil por causa da exigência física da

atividade e por existirem melhores oportunidades em outros setores. Assim, a disponibilidade de empregados, principalmente, em funções mais qualificadas como pedreiros e carpinteiros, estão se tornando cada vez mais escassa. Em pesquisa realizada pelo CBIC (2022), indicou que 82% das empresas construtoras brasileiras possuem dificuldade para contratação de pedreiro, especialmente para as de pequeno porte.

Uma das formas para mitigar a escassez de mão de obra é através de treinamento e capacitação para formação de novos profissionais. A mesma pesquisa da Agência CBIC (2022) afirma que 72,67% das empresas do setor estão dispostas a custear a qualificação de seus empregados.

Ao analisar de forma específica o processo construtivo de alvenaria estrutural, a sua técnica executiva possui muitas similaridades com a alvenaria de vedação que é empregada há anos no setor. Dessa forma, dado a consolidação nacional da técnica construtiva de assentamento de blocos, permite-se uma capacitação simplificada.

2.4 Ciclo de produção

2.4.1 Estrutura

Neste capítulo será abordada a sequência executiva de um ciclo de alvenaria estrutural, a produtividade média por operário e a duração de um ciclo de produção racionalizado.

O primeiro passo para avaliação do ciclo de produção da estrutura é estudar o projeto executivo, a partir do qual, é recomendado por Lima (2015) o levantamento dos insumos e dimensionamento das equipes com base no prazo de execução esperado. A autora aborda que a execução do assentamento deve iniciar somente quando a base estiver limpa, o esquadro do piso conferido, com a disponibilidade dos materiais e equipamentos necessários.

Para complementar a sequência de atividades executivas do processo de alvenaria estrutural a ABCP (2016) determina as principais tarefas, sendo:

1. Verificação da locação dos arranques dos pontos de graute (se existirem) e dos pontos de instalações hidráulicas e elétricas que partem do piso.
2. Umedecimento da base e assentamento da primeira fiada conforme projeto (esta etapa é popularmente conhecida no mercado como marcação).

3. Elevação da alvenaria respeitando as tolerâncias de prumo, alinhamento e nivelamento citadas na norma ABNT NBR 16868-2020.
4. Execução das contra-vergas e vergas com bloco canaleta “U” e posteriormente, o seu grauteamento. Alguns projetos também exigem uma cinta de amarração grauteada na sexta fiada.
5. Execução da última fiada da alvenaria com canaleta “U” ou “J”.
6. Limpeza das janelas de inspeção dos pontos de graute e posicionamento das ferragens verticais e horizontais (conforme projeto).
7. Grauteamento de determinados pontos definidos em projeto das paredes e montagem do assoalho (podendo estas etapas estarem invertidas).
8. Armação, limpeza e concretagem.

A partir do conhecimento da sequência executiva da alvenaria estrutural, permite-se abordar a produtividade e cadência do processo. Por experiência desse autor que atuou como engenheiro residente de uma grande construtora especializada em alvenaria estrutural de São Paulo, os ciclos de produção possuem duração média de 5 a 6 dias por pavimento. Para garantir maior aproveitamento da mão de obra, a edificação pode ser executada em “sistema em X”, no qual, o pavimento é dividido em dois e de um lado trabalham pedreiros elevando as paredes e do outro carpinteiros e armadores montando a laje para concretagem. Dessa forma, as equipes se mantêm ativas com trabalhos simultâneos em diferentes lados da edificação e com duração média de 2 a 3 dias em cada metade de laje.

O sistema de produção informado, segundo Ruthes (2016), pode ser executado em uma única torre, dividida por uma junta de dilatação, ou junta de concretagem, definida com apoio do projetista, ou alternada em duas torres elevadas simultaneamente. O mesmo autor completa, destacando alguns fatores que podem atrasar a elevação da alvenaria como a falta de insumos e/ou mão de obra, quebra de equipamentos, irregularidades na base e condições climáticas desfavoráveis.

Para melhor representar os ciclos de produção, a tabela 2.2 apresenta a execução do sistema em “X”, no qual, atividades dos lados A e B ocorrem de forma simultânea. A duração do ciclo depende do tamanho da área de execução e do dimensionamento

das equipes para o projeto, sendo mais comum no mercado ciclos com cadência de 5 e 6 dias por pavimento.

SIMULAÇÃO ALVENARIA ESTRUTURAL CICLO DE 6 DIAS - SISTEMA X						
ATIVIDADE	1º DIA	2º DIA	3º DIA	4º DIA	5º DIA	6º DIA
ALVENARIA	X	X	X	X	X	X
ASSOALHAMENTO	X		X	X		
GRAUTEAMENTO	X			X		
ARMAÇÃO		X			X	
CONCRETAGEM			X			X

SIMULAÇÃO ALVENARIA ESTRUTURAL CICLO DE 5 DIAS - SISTEMA X					
ATIVIDADE	1º DIA	2º DIA	3º DIA	4º DIA	5º DIA
ALVENARIA	X	X	X	X	
ASSOALHAMENTO			X		X
GRAUTEAMENTO			X		X
ARMAÇÃO	X			X	
CONCRETAGEM		X			X

ATIVIDADE LADO A	X
ATIVIDADE LADO B	X

Tabela 2.2: Ciclo de produção em alvenaria estrutural – Sistema em “X”.

Fonte: Acervo do autor

Já em empreendimentos de torres únicas e com área de laje reduzida (até cerca de 500m²), é comum que a execução em alvenaria estrutural siga o ciclo demonstrado na tabela 2.3. Neste, as atividades de diferentes profissionais ocorrem em sequência, de forma que, o nível de ociosidade é maior. Isso pois, não há simultaneidade de trabalho entre as funções de pedreiros e carpinteiros e armadores.

SIMULAÇÃO ALVENARIA ESTRUTURAL CICLO DE 6 DIAS						
ATIVIDADE	1º DIA	2º DIA	3º DIA	4º DIA	5º DIA	6º DIA
ALVENARIA	X	X	X			
ASSOALHAMENTO			X	X		
GRAUTEAMENTO				X		
ARMAÇÃO					X	
CONCRETAGEM						X

SIMULAÇÃO ALVENARIA ESTRUTURAL CICLO DE 5 DIAS					
ATIVIDADE	1º DIA	2º DIA	3º DIA	4º DIA	5º DIA
ALVENARIA	X	X	X		
ASSOALHAMENTO			X	X	
GRAUTEAMENTO				X	
ARMAÇÃO				X	
CONCRETAGEM					X

LAJE COMPLETA	X
---------------	---

Tabela 2.3: Ciclo de produção em alvenaria estrutural – Sistema sequencial.

Fonte: Acervo do autor

Por fim, para o atendimento do ciclo de produção pretendido é necessário dimensionar as equipes com base na produtividade de cada tipo de profissional envolvido nas funções do processo. As grandes empresas do setor costumam aferir as produtividades dos operários, e pela sua média, determinar os seus próprios indicadores de produtividade. No caso das construtoras que não possuem bancos de dados próprios de índices de produtividade, é possível encontrá-los nos relatórios do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), que são disponibilizados publicamente no site da Caixa.Gov.

No caderno técnico do SINAPI, para o serviço de alvenaria estrutural com blocos de concreto, são apresentados diversos indicadores para diferentes composições. Para este trabalho que busca analisar edificações residenciais em São Paulo, sendo em sua maioria de elevado gabarito (acima de 15 pavimentos), a composição que melhor se aproxima para estudo é: Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm (espessura 14 cm), $f_{bk} = 14$ MPa, utilizando palheta. Neste, o coeficiente de produtividade do pedreiro, com a principal função na elevação da alvenaria, é de 0,48 H/m². Assim, são necessárias 0,48 horas de profissional para a execução de 1m² de alvenaria, portanto, a produtividade média de um pedreiro é de 2,08m²/hora. Dado que nos ciclos de trabalho a aferição da produção é realizada por dia, composto por 9 horas, determina-se que a produtividade média do assentador de blocos é de 18,75 m²/dia. A composição do SINAPI citada é demonstrada na figura 2.6.

CADERNO TÉCNICO

Classe: PARE - PAREDES/PAINEIS

Tipo: 0066 - ALVENARIA DE ELEMENTOS VAZADOS DE CONCRETO

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.PARE.AECO.003/01	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM), FBK = 14 MPA, UTILIZANDO PALHETA. AF_10/2022	M2
Código SIPC		Situação
89455		ATIVO
Vigência: 12/2014 Última Atualização: 10/2022		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
I	34570	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	9,99000
I	38593	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	1,43000
I	38594	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 34 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	1,43000
I	38600	CANAleta DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	0,95000
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,48000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,48000
C	88626	ARGAMASSA TRAÇO 1:0,5:4,5 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,01130

Figura 2.6: Composição de coeficientes SINAPI – Alvenaria Estrutural
 Fonte: Caderno técnico SINAPI – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto –
 Última atualização: 05/2023

2.4.2 Subsistemas

A racionalização obtida com a base modular dos blocos de assentamento estruturais estende-se para os subsistemas. Segundo Franco (1992), os subsistemas de maior importância, quer seja pelo custo, complexidade ou responsabilidade, que incrementam racionalização construtiva da edificação em alvenaria estrutural são: instalações prediais, revestimentos e esquadrias.

As instalações prediais, quando embutidas, como é o caso de instalações elétricas, devem obedecer às limitações da modulação de blocos e serem locadas com atenção, pois o processo impõe severas restrições à execução de rasgos em paredes estruturais. Já as instalações que conduzem fluidos, como redes de hidráulica de água fria e gás, a ABNT NBR 16868-1: 2020, não permite o seu embutimento, exceto quando a manutenção não exigir corte das paredes. Dessa forma, o mercado pratica a passagem dessas redes embutidas em paredes de vedação, em forros, sancas e enchimentos.

Para os revestimentos, especificamente para o segmento econômico, nas áreas internas secas, prevalece o uso de gesso liso desempenado, no qual, o revestimento apresenta baixa espessura e acompanha as imperfeições de planicidade das paredes. Para áreas internas úmidas é comum a aplicação de revestimento cerâmico

assentado diretamente sobre os blocos ou sobre reboco tradicional. Já o revestimento externo, conforme já citado anteriormente, neste segmento, prevalece o uso de revestimento decorativo monocamada ou bi-camada.

Por fim, o subsistema de esquadrias, quando instalados em áreas internas, em geral são produzidos em kits de porta pronta de madeira, fixados com espuma expansiva fazendo o preenchimento do vão entre o batente e a alvenaria. Já as esquadrias instaladas nas paredes de fachada, como janelas e portas de acesso a sacadas, são usualmente produzidas com perfis de alumínio, e vidros. Estas, podem ser fixadas de diversas formas, como através de, chumbamento de contramarco; requadrção em argamassa e fixação parafusada de esquadria pronta, vedada com mastique ou fixação com espuma expansiva e parafusamento da esquadria, vedada com mastique.

2.5 Custos de produção

O processo construtivo de alvenaria estrutural possui custo de produção competitivo em obras de edificações residenciais do segmento econômico. Alguns dos fatores que tornam essa afirmação verdadeira são a velocidade construtiva, a racionalização das atividades e a redução de retrabalhos e desperdício (FRANCO, 1992).

2.5.1 Custos diretos

Os custos diretos são aqueles diretamente associados a serviços de campo que promovam avanço físico da construção do produto final (MATTOS, 2022). Dessa forma, para a alvenaria estrutural, os principais custos diretos são insumos como blocos, argamassa de assentamento, graute e armações. Já para serviços, quando executados por mão de obra própria, adota-se o custo das horas trabalhadas de pedreiros e serventes e quando contratado por empreita, assume-se o custo da atividade por m² de alvenaria.

Conforme já citado no capítulo anterior, as composições de serviço do SINAPI envolvem material, mão de obra e equipamentos e são dadas de acordo com uma base referencial, podendo ser em m, m², m³, kg, unidade, entre outras. Dessa forma, para saber o custo total de um projeto é necessário ter conhecimento dos custos unitários, seus consumos e quantidades.

Basicamente, para calcular o custo da alvenaria estrutural de um projeto, é necessário ter conhecimento da área de paredes em m², do consumo de graute em m³ e do consumo de aço das paredes em kg. No capítulo 5 deste trabalho será apresentado

um estudo de caso real no qual será demonstrado a memória de cálculo atualizada do custo global de uma edificação em alvenaria estrutural.

No item 2.4.1 foram apresentados os coeficientes da composição da Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm (espessura 14 cm), fbk = 14 MPa, utilizando palhetae através de outra tabela do SINAPI, correspondente a composições da parte “analítico não desonerado”, é possível descobrir os seus custos unitários. Na tabela 2.4 representa a mesma composição adaptada, na qual, o custo da alvenaria, excluso atividades de graute e armação, é de R\$108,02/m².

DESCRIÇÃO ITEM	UNIDADE	COEFICIENTE	PREÇO UNITARIO	CUSTO TOTAL	REPRESENTATIVIDADE
BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	UN	9,9900000	5,56	55,54	51,42%
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4800000	33,68	16,16	14,96%
SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4800000	29,05	13,94	12,91%
MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 34 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	UN	1,4300000	4,96	7,09	6,56%
CANAleta DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	UN	0,9500000	5,97	5,67	5,25%
ARGAMASSA TRAÇO 1:0,5:4,5	M3	0,0113000	481,30	5,43	5,03%
MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	UN	1,4300000	3,14	4,19	3,88%
CUSTO UNITARIO TOTAL POR M²				108,02	100,00%

Tabela 2.4: Composição de custos SINAPI – Alvenaria Estrutural – Cod. 89455

Fonte: Composição de Custos Analítico – SINAPI SP – Não desonerado

Última atualização: agosto de 2024

Dado a recorrente atualização de preços de insumos e serviços, principalmente em períodos de elevada taxa de inflação, a apresentação dos valores unitários descritas neste presente trabalho podem ser rapidamente desatualizadas. Portanto, para uma avaliação mais precisa é recomendado a busca por bancos de dados atualizados, como os exemplificados neste trabalho disponibilizados pelo SINAPI.

2.5.2 Custos indiretos

O custo denominado como indireto não está diretamente associado as atividades de produção da obra, dessa forma, são despesas que ocorrem independente das quantidades produzidas (MATTOS, 2022). O mesmo autor afirma que o custo indireto representa de 5% a 30% do custo total da construção, sendo alguns dos fatores de influência: o prazo de obras, o volume da equipe de administração e supervisão, equipamentos de mobilização, logísticos e de produção e consumos de água e energia correntes.

No caso específico da construção em alvenaria estrutural, os custos indiretos mais representativos no custo da obra são equipamentos e equipe administrativa e de supervisão. Os equipamentos necessários para o processo são usualmente: elevador cremalheira, mini-grua, argamassadeira, betoneira e ferramentas leves. Com relação

as equipes, se enquadram como custo indireto os salários de engenheiros, mestre de obra, encarregado, estagiário, almoxarife, administrativo, entre outros.

A grande maioria dos custos indiretos de um projeto são despesas correntes mensais, dessa forma, a duração das obras impacta diretamente no custo final do projeto. Portanto, construtoras que executam recorrentes ciclos de estrutura com duração maior do que 6 dias ou projetam prazos de obras alongados, possuem maiores custos indiretos e perdem competitividade.

2.6 Fatores promotores e limitantes da sua utilização

2.6.1 Padronização x Escala

De maneira geral, a padronização de projetos e a construção em escala favorecem a produtividade operacional e economia ao projeto (SILVA, 2012). Esses ganhos são justificados por Oliveira (2003) pelo efeito aprendizagem, no qual, a repetição contínua faz com que o operário melhore gradativamente a velocidade e qualidade da execução. Além disso, Leal (2010) afirma que o grande volume de produção favorece a negociação com fornecedores de materiais e serviço, podendo assim contratá-los com melhor preço.

Com relação aos impactos da padronização e escalabilidade de maneira específica ao processo de alvenaria estrutural, pouco se encontra na literatura. Na visão desse autor, a padronização de projetos permite, através de sua repetição, detectar possibilidades de melhorias e aplicá-las na operação, podendo assim, maximizar a racionalização deste projeto. Além disso, a padronização também garante ganhos em velocidade e economia na elaboração de projetos executivos, dado que as soluções e plantas já estão prontas por conta da aplicação em obras anteriores.

Entretanto, ainda na visão do autor é possível visualizar uma importante vantagem competitiva para o processo de alvenaria estrutural devido a possibilidade de adaptação do projeto a diferentes empreendimentos, sem significativos impactos econômicos. Para justificá-la, é necessário a comparação com outros processos construtivos, na qual, a padronização da planta requer altos investimentos iniciais em equipamentos e industrialização e que tem atratividade reduzida quando precisam ser adaptados, pois necessitam aporte significativo adicional. Segundo o jornal O Globo (2023), ao longo da última década, apartamentos de um quarto, que constituem uma parte significativa do mercado econômico, tiveram uma redução de aproximadamente

29% na área privativa. Nesse contexto, os construtores que utilizam a alvenaria estrutural foram capazes de ajustar seus produtos às novas demandas do mercado sem enfrentar riscos financeiros substanciais, demonstrando assim a flexibilidade de adaptação.

2.6.2 Exposição financeira

Atualmente em São Paulo, a grande maioria das edificações residências do segmento econômico são financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) da Caixa Econômica Federal. Este contrato de financiamento possui uma estrutura triangular, na qual, o comprador do imóvel assina contratos com a incorporadora e a instituição financeira. Ao assinar com a incorporadora faz-se o pagamento da entrada, de aproximadamente 20% do valor do imóvel, e os 80% restantes são pagos ao credor (banco) conforme o cronograma de pagamento acertado. Na perspectiva da construtora / incorporadora, os recursos do financiamento das pessoas físicas (PF) são liberados mensalmente conforme o cronograma de execução da obra. Dessa forma, o nível de exposição de caixa do projeto está relacionado a quantidade e velocidade das vendas dos imóveis.

No caso do processo construtivo de alvenaria estrutural as despesas recorrentes, em sua maioria, acompanham o valor de produção. Dessa forma, em um cenário positivo de vendas a liberação dos recursos do financiamento das pessoas físicas servem basicamente como um reembolso para as despesas ocorridas no mês anterior. Isso ocorre, pois a construção em alvenaria estrutural não necessita custos indiretos iniciais significativos, como por exemplo na aquisição de equipamentos. Os processos construtivos que envolvem altos custos indiretos iniciais promovem maior exposição de caixa, como é o caso da tecnologia de paredes de concreto com fôrmas de alumínio moldadas in loco.

Além disso, durante a fase de fundações e estrutura, para o processo de alvenaria estrutural, o pagamento das notas fiscais dos insumos utilizados na obra, em geral, tem vencimento 28 dias após a sua data de emissão. Assim, dependendo do momento do mês que o insumo é entregue e incorporado à produção, é possível que a construtora / incorporadora receba a medição de avanço físico da instituição financeira deste item antes da data de pagamento de sua nota fiscal.

2.6.3 Restrições de projetos

Os projetos executados em alvenaria estrutural possuem as seguintes restrições técnicas: número de pavimentos limitado, impossibilidade de remoção de paredes, ambientes restringidos a vãos menores, maior densidade de paredes, e lajes em balanço de normalmente com menores dimensões.

Atualmente, encontram-se em São Paulo edificações em alvenaria estrutural erguidas com sucesso com altura de 22 pavimentos ou mais. Entretanto, segundo Silvestre (2013) a maior economia estrutural para esse processo construtivo é obtida quando construída até 15 andares, pois a partir dessa altura as tensões chegam a triplicar na base do prédio devido a ação dos ventos. Essa limitação de altura é compartilhada por Ramalho e Correa (2003) que justificam a inviabilidade econômica de edificações mais altas devido a necessidade de aumento significativo nas armaduras e pontos de graute.

Outro fator limitante ao processo de alvenaria estrutural é a impossibilidade de qualquer alteração arquitetônica que envolva modificações ou aberturas nas paredes, pois desempenham a função estrutural. O remanejamento da planta é possibilitado previamente, se o projeto for pensado para isso, sendo uma das alternativas é utilizar algumas paredes não estruturais. Segundo Silvestre (2013) “Dependendo da configuração e características do projeto, é possível até ter todas as paredes internas não estruturais. Vale ressaltar que esta alternativa flexibiliza o layout, mas encarece o sistema, e por isso deve ser analisada de maneira criteriosa”.

Além da restrição de modificações no layout de paredes estruturais, a técnica construtiva necessita espaçamento entre paredes relativamente pequeno Ramalho e Correa (2003). Ainda, Silvestre (2013) completa recomendando a densidade de paredes estruturais na faixa de 1,6 a 2 m² por m² de pavimento, dessa forma, podendo absorver os esforços das lajes superiores.

Por fim, ainda tratando de restrições ao projeto arquitetônico, lajes em balanço podem elevar consideravelmente as tensões de compressão e momento fletor nas paredes que estão engastadas (MOHAMAD, 2020). O mesmo autor recomenda, em função de desempenho, sacadas internas a projeção do edifício (sem balanço) ou com balanço parcial, preferencialmente, com a face da sacada alinhada à lateral de uma parede. Caso haja necessidade de maiores vãos em balanço é possível desenvolver vigas,

fazendo do sistema construtivo misto, no entanto, esta alternativa pode impactar negativamente o custo do projeto, bom como, a produtividade executiva.

2.6.4 Produtividade da mão de obra

Segundo Souza (2006) a produtividade nos serviços de construção possui alto nível de variação, sendo, portanto, muito arriscado tomar decisões com base em valores médios de mercado. O mesmo autor complementa, destacando que os principais fatores influentes na produtividade são: condições climáticas, volume de frente de trabalho, remuneração dos operários, logística da obra e disponibilidade de insumos e operários.

Pela experiência do autor, atualmente, dado o mercado de trabalho aquecido, construtoras enfrentam dificuldades devido à alta rotatividade da mão de obra, principalmente, de pedreiros, e atrasos na entrega de argamassa e blocos, por consequência da alta demanda. Dessa forma, a produtividade do trabalho é afetada negativamente, podendo assim, apresentar índices inferiores aos esperados para a obra.

Conforme já citado no item 2.4.1 a produtividade média determinada pelo SINAPI para o pedreiro assentador de blocos, popularmente conhecido como “bloqueiro”, é de 18,75 m²/dia. Pelo conhecimento do autor, para o atingimento desta produtividade, a gestão da obra deve ser rigorosa, não permitindo a ociosidade de mão de obra devido à falta de insumos e interferências de logística.

Além do controle das produtividades dos funcionários ao longo de um dia, outra forma de gerenciamento de prazos é pela duração dos ciclos por pavimento. Conforme também já citado, numa condição de trabalho sem grandes interferências, a duração média do ciclo de estrutura no processo de alvenaria estrutural é de 5 a 6 dias trabalhados. O alongamento dessa duração indica uma defasagem de prazo e custos indiretos com relação ao mercado, assim, portanto, representando uma perda de competitividade.

3. Processo construtivo de edifícios em parede de concreto com fôrmas de alumínio

3.1 Caracterização

O processo construtivo de parede de concreto moldada no local para edificações é normatizado pela ABNT NBR 16055:2022, organizada em requisitos de projetos e requisitos executivos. É definido como “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior do que cinco vezes a sua espessura, e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.”

Para complementá-la, os especialistas do mercado Wendler e Monge (2018) definem o processo de parede de concreto como um sistema construtivo industrializado, que permite executar obras com velocidade e repetitividade com uso intensivo de fôrmas. As fôrmas, que serão descritas no capítulo 3.3.1, agem como uma estrutura provisória com objetivo de moldar o concreto fresco e resistir as pressões do lançamento, determinando a geometria dos ambientes (NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO, 2021). Por sua vez, a descrição dos requisitos deste equipamento encontra-se na ABNT NBR 15696, na qual, não se limita o uso a um único material. Apesar de presente no mercado fôrmas de diversos materiais como, madeira, metálica, PVC e fibra de vidro, este presente trabalho irá tratar exclusivamente de fôrmas de alumínio manoportáveis.

O processo construtivo de parede de concreto moldado no local é indicado para segmentos residenciais com padronização arquitetônica, embora não seja limitado a eles (GRAZIANO, SILVEIRA e FREITAS, 2012). Os mesmos autores complementam que dado o alto investimento inicial para a compra das fôrmas, o negócio se torna competitivo numa perspectiva de alta repetição de construção, ou seja, em grande escala.

Outro fator atrativo para a tecnologia é a sua possibilidade de construção com velocidade. Neste processo, as fôrmas de alumínio são utilizadas em paredes e lajes e possibilitam a concretagem de duas a quatro unidades habitacionais por dia, dependendo da quantidade de equipamento adquirido (WENDLER E MONGE, 2018).

Além dos potenciais benefícios de velocidade e escalabilidade, o sistema com fôrmas de alumínio também pode ser considerado racionalizado. Este tema, já abordado nos capítulos anteriores, para o processo de parede de concreto, será iniciado tratando da

coordenação modular das fôrmas. Os painéis de alumínio podem ser executados em diversas dimensões, podendo ter bases modulares múltiplas de 5 e 10cm. A fabricante de fôrmas “Forsa”, por exemplo, disponibiliza em seu site as características de suas fôrmas padrão, sendo para parede as dimensões são 60x240cm com peso de 21,5kg/m² e para laje dimensões de 90x120cm com peso de 18,5kg/m².



Figura 3.1: Retrato do sistema de fôrmas após concretagem
Fonte: Acervo do autor

Ainda tratando de racionalização construtiva, no processo de parede de concreto para garantir maior agilidade na obra foram desenvolvidas soluções que permitem a eliminação de etapas. A tecnologia possibilita as seguintes racionalizações de trabalho: a. eliminação de vedações internas, pois as paredes de concreto as substituem; b. eliminação do emboço interno e externo, sendo praticado em mercado a aplicação de argamassa cimentícia de acabamento e pintura (internamente); e fundo preparador, acompanhado de pintura ou textura (externamente), conforme Figura 3.2, em ambos os casos diretamente sobre a parede de concreto; c. as fôrmas entorno dos caixilhos são produzidas exatamente com a folga para a sua instalação (Figura 3.3), dispensando a necessidade de contramarco (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2009-2010).

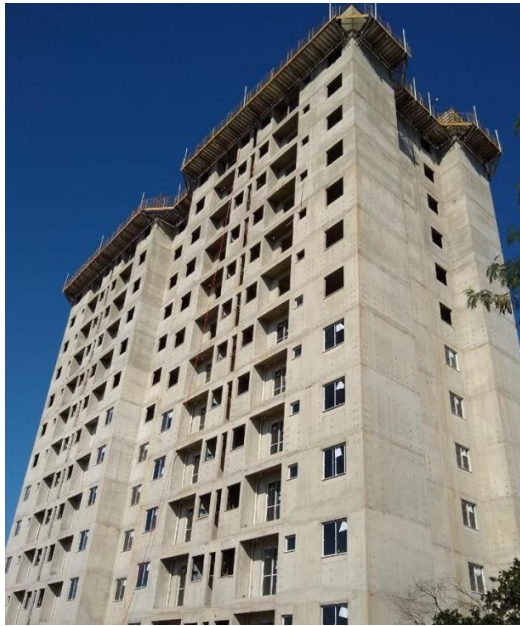


Figura 3.2: Fachada antes da aplicação do revestimento externo
Fonte: Site SH Fôrmas



Figura 3.3: Rebaixo do concreto na função de contramarco - Fôrma de alumínio
Fonte: ABESC – Parede de concreto em edifícios altos

A eliminação dessas tarefas não abrange todos os projetos em parede de concreto. A eliminação das vedações internas, por exemplo, pode ser implementada quando adquirido maior número de fôrmas, no entanto, existem construtores que, motivados

pela redução de custo de aquisição dos painéis de alumínio, preferem executar as vedações internas com Drywall.

Já a escolha do revestimento interno e externo em edificações de paredes de concreto é determinada principalmente por dois fatores. Primeiramente, avalia-se a condição das paredes concretadas, e, quando apresentam irregularidades que não são passíveis de serem adequadamente corrigidas com os materiais mais econômicos, recorre-se ao uso de insumos capazes de proporcionar um acabamento mais uniforme. Em segundo lugar, o tipo de revestimento também depende do padrão do empreendimento. Em edificações de padrão econômico, o acabamento interno com argamassa cimentícia é geralmente aceito, enquanto em construções de padrão mais sofisticado, opta-se pelo gesso liso interno para um acabamento mais refinado.

Por fim, embora diversos autores caracterizem o processo de construção com paredes de concreto como racionalizado, há críticas quanto à grande quantidade de componentes acessórios e ao número elevado de operários necessários para sua montagem em canteiro. O autor deste presente trabalho, em uma das obras visitadas de parede de concreto, aferiu para o sistema “jogão”, composto por fôrmas para quatro apartamentos, representando 50% do pavimento, que o número de painéis e acessórios somados ultrapassavam 2.800 peças. Para essa mesma obra, com área de fôrmas de aproximadamente 1.600 m², o efetivo necessário para o ciclo de um pavimento completo, que ocorria em 2 a 3 dias na média, era de 32 operários para a estrutura. Em um cenário ideal onde essa equipe realize a marcação, armação, montagem das fôrmas e concretagem em um único dia, a produtividade por operário, em termos de área de fôrmas, é de aproximadamente 50m²/dia (1.600 m² dividido por 32 operários).

3.2 Histórico de utilização e representatividade no mercado

O primeiro registro da utilização da tecnologia de parede de concreto moldadas no local no Brasil foi em 1979 na construção de 46 unidades residenciais na cidade de Santa Luzia (MG) pelo programa habitacional corrente COHAB-MG (SACHT, 2008). A mesma autora cita que para o enchimento das paredes foram empregadas fôrmas de alumínio e concreto celular, no entanto, devido à falta de conhecimento técnico, a tecnologia construtiva apresentou patologias e o custo de obra foi excedido. Já ABCP

(2002) apresenta que o início do sistema ocorreu em 1980 na construção de casas em Natal (RN) e Manaus (AM), na qual as fôrmas eram de madeira compensada e permitiam mais de cem reaproveitamentos. Neste período já eram executadas fôrmas de janelas pré-montadas que após a concretagem moldavam o vão para o encaixe do caixilho, dispensando o contramarco.

Apesar do uso em condomínios de unidades residências térreas nas décadas de 1970 e 1980, segundo Monge, Mayor e Silva (2018), o sistema foi executado em grande escala em meados dos anos 2000. No início desta década, construtoras precisavam de metodologias mais ágeis e competitivas para atendimento do mercado imobiliário aquecido e crescente demanda habitacional. Por incentivo das entidades ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas) foram organizadas visitas técnicas ao Chile, Colômbia e Mexico, para conhecer e avaliar as vantagens do processo construtivo de parede de concreto (MONGE, 2018).

Na implantação deste processo construtivo no Brasil um dos entraves foi a falta de homologação da tecnologia com a CEF (Caixa Econômica Federal), a agente financiadora do programa de habitação social, à época, chamado de “Minha Casa Minha Vida”. Os primeiros textos técnicos, que serviram de base para desenvolvimento da norma pela ABNT, foram disponibilizados pela Comunidade da Construção, denominados coletânea de ativos de parede de concreto. Esse conteúdo foi utilizado como referência no mercado para elaboração de projetos e execução de edifícios de até 5 pavimentos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2007-2008). De acordo com Graziano (2012 p. 5)

A técnica vinha sendo utilizada por poucas construtoras do Brasil, que usavam os seus próprios procedimentos - que precisavam ser aprovados em um órgão certificador. Para isso, era acionado o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT), do Ministério das Cidades. Órgãos avaliadores credenciados pelo Sistema analisavam o método construtivo e, se aprovado, concediam um Documento de Avaliação Técnica (DATec). Era um certificado particular para aquela empresa.

Para melhor compreensão serão explicados os conceitos de SiNAT e DATec. Segundo o site GOV.BR (2023), SiNAT é um sistema que avalia processos construtivos inovadores que não possuem regulamentação estabelecida por norma técnica, na qual são avaliadas a conformidade da nova tecnologia e seu atendimento a norma de desempenho ABNT NBR 15575. Ainda, a mesma fonte define DATec como o documento que registra a avaliação técnica do processo construtivo inovador, que possui validade de 2 anos. Em habitações certificadas pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) são exigidas construções com norma regulamentadora ou DATec com prazo de validade vigente.

Em maio de 2012 foi publicada a norma ABNT NBR 16055:2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. O documento garantiu maior segurança para os empreendedores e dispensou o uso do SiNAT, pois o texto normativo passou a determinar os critérios de qualidade, análise estrutural, dimensionamento, procedimento de fabricação da parede e seus materiais envolvidos (MONGE, 2018). Dessa forma, com a validação da ABNT NBR 16055:2012, o processo de financiamento com a CEF foi simplificado, aumentando o interesse de construtoras no uso da tecnologia construtiva. Uma década depois, em outubro de 2022 a norma técnica teve sua primeira revisão, na qual, foi permitido mesclar elementos de parede de concreto com elementos estruturais de concreto armado citados na ABNT NBR 6118 (NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO, 2022).

3.3 Componentes e elementos

3.3.1 Fôrmas de alumínio:

No processo de parede de concreto moldado no local, as fôrmas de alumínio possuem papel fundamental para garantir a geometria dos ambientes, sendo projetadas para suportar as pressões da descarga do concreto. Para isso, são necessários diversos travamentos entre painéis com grampos e faquetas conforme demonstrado na figura 3.4.

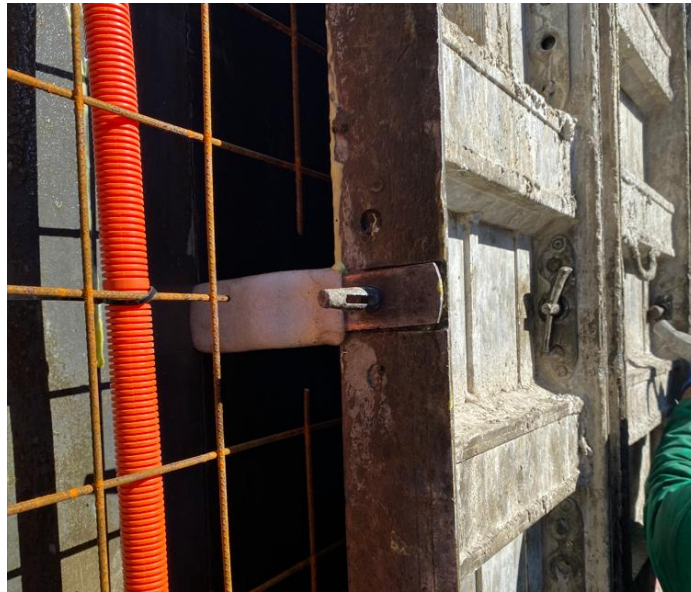


Figura 3.4: Componentes de travamentos entre os painéis
Fonte: Acervo do autor

Além dos painéis e componentes de travamentos, o sistema também possui equipamentos de proteção coletiva aos operários. Além de postes com sistema de linha de vida retrátil ancorados nas lajes, são montados consoles do tipo mão francesa com plataformas de apoio por todo o perímetro da edificação, onde haja risco de queda, conforme exigência da NR-18. É por meio destas plataformas perimetrais que os operários montam, desmontam e transferem os painéis entre lajes, vide figura 3.5.



Figura 3.5: Sistemas de proteção perimetral para parede de concreto
Fonte: Acervo do autor

Este sistema de proteção periférica de montagem e movimentação de peças exclusivamente manual é chamado de manoportante. Outra alternativa de sistema de fôrmas para o perímetro do edifício é denominada sistema Gang Trepante, que oferece vantagens logísticas e de segurança do trabalho no manuseio dos painéis perimetrais. O CEO no Brasil da fabricante de fôrmas “Forsa”, Marcus Palanca, explica a diferença entre os sistemas (NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO, 2021):

Em edificações térreas e edifícios mais baixos trabalhamos com o sistema manoportável, que utiliza 100% de mão de obra manual. O sistema de plataformas externas, peças e guarda-corpos é montado manualmente. Para edifícios mais altos, de 15 pavimentos ou mais, existe o sistema trepante, que consiste basicamente de um conjunto de módulos e plataformas içados por grua, assim como as fôrmas da fachada.

Além disso, o sistema de fôrmas também é caracterizado pela quantidade de apartamentos concretada de uma vez no pavimento. Quando concretado 50% das paredes e laje, dessa forma, necessitando duas concretagens por pavimento, o sistema necessita maior quantidade de fôrmas e é denominado “jogão”. Quando concretado 25% das paredes e lajes, são necessárias quatro concretagens por pavimento e o sistema com número de painéis reduzido é conhecido em mercado como “joguinho”. Este assunto será abordado de forma mais aprofundada no capítulo 3.5.1 sobre os ciclos de produção.

Ainda, o sistema de parede de concreto com fôrmas de alumínio pode ser utilizado em 100% das paredes da edificação ou misto com outros sistemas construtivos. No segmento econômico é comum verificar edificações na qual, para reduzir o volume de fôrmas, parte das paredes da edificação são executadas em Drywall. Esse fator, reduz o custo de aquisição dos equipamentos e permite ciclos de estrutura com montagem de menores áreas de fôrma. Entretanto, para este trabalho será avaliado somente o sistema de fôrmas de alumínio manoportantes atuantes em 100% das paredes da edificação.

As fôrmas de alumínio possuem vida útil da ordem de ciclos, que, quanto melhor aproveitado, ou seja, quanto maior a quantidade de usos do mesmo equipamento,

melhor será o benefício econômico, dado que o investimento será amortizado num maior número de utilizações. Segundo Graziano (2012) “Um dos pontos cruciais deste sistema é o custo da fôrma. Geralmente é de alumínio, um material nobre. Mas é uma fôrma que pode ser utilizada muitas vezes, de 500 até duas mil vezes. Então, esse valor é absorvido e o valor por metro quadrado pode cair bastante.” O assunto custos da produção não será estendido neste momento, pois será abordado novamente no capítulo 3.6.

3.3.2 Concreto

O processo de parede de concreto requer atenção nas especificidades do concreto aplicado. Este material, necessita boa trabalhabilidade e coesão para o preenchimento completo das fôrmas, e assim impedindo segregações. A tipologia do concreto de aplicação mais comum nesse processo construtivo é o autoadensável (CAA) para paredes, no qual, utiliza-se aditivos super plastificantes proporcionando melhor trabalhabilidade nos 40 minutos após sua mistura e dispensando o uso de vibradores (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2007-2008). Além disso, o (CAA) permite melhor acabamento do concreto aparente, bombeamento em maiores distancias, otimização da mão de obra, além de possuir norma técnica regulamentadora a ABNT NBR 15823 (ABESC, s.d.)

Em entrevista com os engenheiros Bernardo Tutikian, coordenador da norma técnica ABNT NBR 15823, e Rubens Curti, supervisor técnico da ABCP, os especialistas analisam o custo x benefício na utilização do CAA (CIMENTO ITAMBÉ, 2021):

o custo de compra está em torno de 20% mais caro que o de um concreto convencional. Mas é preciso avaliar as vantagens. Por exemplo, ele gera economia de mão de obra, pois dispensa a vibração. Além disso, é um material com qualidade garantida por norma técnica. Então, somadas as vantagens, ao fim da obra ele torna-se mais barato.

Por fim, ainda tratando do CAA na tecnologia de paredes de concreto, este insumo também necessita atenção nas etapas após concretagem: a desforma e a cura. A desmontagem da fôrma deve ocorrer somente quando o concreto adquirir resistência

a compressão superior ao especificado pelo projetista, sendo iniciada, em geral, de 12 a 24 horas após a completude da concretagem (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2007-2008). Após a desforma, a perda de água precoce leva a maiores retrações e possibilidade de surgimento de fissuras nas paredes. Para evitá-la é recomendado o uso de cura química através de selante a base de resina aplicada com pulverizador sobre a superfície recém-desformada (FREITAS, 2022).

3.3.3 Armação

Em edificações de parede de concreto, as armaduras de paredes e lajes são compostas por telas soldadas com dimensão padrão de 2,45 x 6,00m. O uso de telas permite facilidade logística e maior produtividade na armação das peças estruturais. Além do uso convencional, a estrutura da edificação necessita reforços nos cantos de paredes e nas arestas de vãos de portas e janelas, podendo ser utilizados pedaços de telas soldadas ou barras de aço CA-50 (SILVA, 2020).

Segundo o caderno técnico de composições parede de concreto – armações - do SINAPI, para edifícios de múltiplos pavimentos em parede de concreto considera-se o uso de telas em paredes Q-92 ou Q-138, em lajes, como armadura positiva, Q-113, Q-138, Q-159, e Q-196 e como armadura negativa, L-159, L-196, T-138, T-159 e T-196. Este mesmo arquivo do SINAPI registra que o consumo médio de tela Q-138 em edificações de múltiplos pavimentos é para paredes e armaduras positivas de lajes 0,479 m²/Kg, assim, ajustando as unidades para um indicador mais popular em mercado o consumo é de 2,09Kg/m². Já nas armaduras negativas de lajes com uso da tela L-159 o consumo é de 0,624m²/Kg ou 1,60Kg/m².

Ainda, a ABNT NBR 16055:2022 determina que a armadura mínima de paredes deve corresponder a 0,09% da seção de concreto e para lajes a armação deve atender a 0,15% da seção da peça. A mesma norma também exige a utilização de malha dupla quando as paredes possuírem espessura superior a 18cm e/ou quando a parede possuir engastamento com marquises ou sacadas em balanço.

3.3.4 Controle tecnológico

A Norma de parede de concreto moldada no local, a NBR 16055:2022, determina o controle tecnológico do concreto com base em seu estado fresco de recebimento e

em seu estado endurecido. Primeiramente, tratando do estado fresco, o presente trabalho adota como referência o uso de concreto autoadensável, regulado pela ABNT NBR 15823:2017. Esta norma classifica o material pelo seu espalhamento (slump-flow) e que esta propriedade deve ser determinada na contratação com a usina fornecedora e aferida na entrega do concreto à obra. Ao testar o espalhamento, caso a classificação contratada não for atendida, a betoneira deve ser devolvida a usina. Atingido o espalhamento contratado, aplica-se um aditivo ao concreto, molda-se as amostras de corpos de prova e o material deve ser aplicado usualmente em até de 40 min (a depender do que for determinado pelo projetista e pela usina fornecedora do concreto).

Já no estado endurecido, a norma estabelece que o concreto deve atender a resistência mínima para a desforma e o fck aos 28 dias, ambos fatores devem estar especificados em projetos. Para o controle da resistência do concreto na idade da desforma, geralmente 12 horas após a concretagem, a norma permite o uso do método da maturidade. Neste, associa-se a resistência mecânica do concreto a sua temperatura.

Por fim, durante a revisão bibliográfica, foram encontrados textos recomendando a instalação de um laboratório de concreto em obra, bem como, a presença diária de um laboratorista especializado em concreto. Essa função torna-se necessária dado a recorrência de concretagens e a necessidade de aferição de sua resistência antes da desforma.

3.3.5 Disponibilidade e capacitação da mão de obra

Na construção de uma edificação no processo de parede de concreto moldada no local, em sua fase de estrutura, a função de maior relevância é o montador. Apesar do emprego dessa tecnologia construtiva no Brasil desde a década de 1970, a disponibilidade da função operacional de montador é significativamente menos difundida em comparação com pedreiros e carpinteiros.

Em entrevista com um engenheiro de uma grande construtora especializada em parede de concreto com fôrmas de alumínio, a disponibilidade de mão de obra foi apresentada como uma preocupação. Esta empresa, que trabalha com mão de obra

própria, mitigou a escassez de empregados especializados formando uma parceria com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), na qual, a própria empresa se dispôs a ministrar os treinamentos e posteriormente contratar os participantes interessados. Outra maneira de desenvolver montadores foi pela capacitação interna de serventes de obras.

Por fim, o autor deste trabalho realizou visitas a duas obras durante o desenvolvimento da pesquisa. Para preservar a confidencialidade das empresas construtoras, as obras serão referidas como “A” e “B”. A obra “A” conta com 256 unidades habitacionais e utiliza mão de obra terceirizada, enfrentando atrasos no cronograma da estrutura devido à escassez de funcionários. Já a obra “B”, que abrange 384 unidades habitacionais e emprega uma equipe própria, requer 29 montadores, 3 serventes e 5 armadores para cumprir o cronograma de concretagem, que prevê a finalização de 4 apartamentos a cada dois dias, com um ciclo envolvendo aproximadamente 1.600 m² de fôrmas.

3.4. Ciclo de produção

3.4.1 Estrutura

O ciclo de produção do sistema com fôrmas de alumínio é conhecido no mercado pelo potencial de elevada velocidade construtiva, podendo, quando bem administrado, possibilitar a concretagem de uma laje completa em um ciclo de 4 dias (2 dias para cada 50% da laje).

Para abordar o ciclo de produção da estrutura no processo de parede de concreto moldada no local, esse tema será explorado, considerando a sequência executiva, a produtividade média por operário e a duração média de um ciclo de produção.

Neste processo construtivo a montagem das fôrmas e as armações de paredes e lajes ocorrem em sequência, de forma que, a concretagem de ambos os elementos (lajes e paredes) ocorrem em uma única etapa. Segundo a Comunidade da Construção (2008), a sequência executiva de um ciclo de produção ocorre através das seguintes tarefas:

1. Marcação das linhas de paredes no piso
2. Montagem das armaduras das paredes
3. Montagem das redes hidráulicas e elétricas das paredes

4. Posicionamento dos painéis das fôrmas de alumínio das paredes
5. Colocação dos grampos de fixação entre painéis de paredes
6. Posicionamento das escoras aprumadoras
7. Colocação das ancoragens / elementos de costura
8. Montagem das redes hidráulicas e elétricas da laje
9. Montagem da armadura da laje
10. Concretagem de lajes e paredes
11. Desforma de lajes e paredes

Dado a duração do ciclo de produção estabelecido no cronograma da obra, além da sequência de atividades, é necessário ter conhecimento da produtividade dos funcionários envolvidos, bem como, dimensionar a quantidade de operários por função. Neste presente trabalho, primeiramente serão apresentadas as produtividades disponibilizadas pelo SINAPI e em sequência, será descrita a produtividade encontrada no mercado, para fins de validação.

O caderno de composições do SINAPI para paredes de concreto – Fôrmas, atualizado em 04/2023, separa as aferições de produtividade de edificações de múltiplos pavimentos por paredes internas, laje e panos de fachada. Os dados disponibilizados no SINAPI estão sintetizados na Tabela 3.1:

FUNÇÃO	PAREDE INTERNA		LAJE		PANOS DE FACHADA	
	COEF. (H/m ²)	PRODUT. (m ² /DIA)	COEF. (H/m ²)	PRODUT. (m ² /DIA)	COEF. (H/m ²)	PRODUT. (m ² /DIA)
CARPINTEIRO DE FORMAS	0,374	24	0,486	19	0,339	27
SERVENTE	0,136	66	0,177	51	0,124	73

Tabela 3.1: Produtividades da Parede de Concreto - Fôrmas
 Fonte: Caderno de Composições Parede de Concreto – Fôrmas
 (Adaptado pelo autor)

Portanto, com base nos dados fornecidos pelo SINAPI, a produtividade média do carpinteiro, conhecido no mercado como montador, e do servente são de respectivamente 23 m²/dia e 63 m²/dia por face de fôrma. Ambos os índices de produtividade consideram a área de montagem de fôrmas com painéis de alumínio, dessa forma, em paredes os painéis precisem ser quantificados em suas duas faces. Por fim, o SINAPI indica a produtividade do servente superior ao carpinteiro profissional, pois seu escopo de atividades é reduzido, sendo contemplado somente

auxílio na montagem e desmontagem das fôrmas, a limpeza e transporte dos equipamentos.

Complementando com uma referência do mercado, o arquiteto Chaves (2013) afirma que a produtividade média do operário na montagem e desmontagem de fôrmas é 20 m² por dia (considerado metragem da área de contato da fôrma com o concreto). Neste posicionamento o autor não atribui a produtividade por função, dessa forma, entende-se que se trata da média entre montador e servente. O mesmo autor recomenda que para o cumprimento de ciclos em dois dias, a metragem de área de contato de fôrmas não deve ultrapassar 500m² e 25 operários. Chaves (2013) completa indicando os fatores que interferem na produtividade, como: projeto adequado (facilidade de montagem e número reduzido de peças), equipe treinada e motivada, e a organização, limpeza e estado de conservação dos equipamentos.

Por fim, o processo de parede de concreto moldado no local, permite que as construtoras, de acordo com sua estratégia competitiva, optem por ciclos de diferentes durações. Na escolha por ciclos de menor duração são necessários mais recursos imobilizados, como equipamentos e equipe, entretanto, caso a construtora priorize menor exposição de caixa, pode-se optar pelo uso de 25% das fôrmas do pavimento, associado ao trabalho com equipe reduzida e ciclo de produção da laje completa alongado.

Como exemplo, Chaves (2013) indica ambas as possibilidades em uma obra de 8 apartamentos de 60 m² por andar. Na escolha por ciclos reduzidos utiliza-se jogo de fôrma de 50% da laje, com aproximadamente 1.400m², onde com 24 operários executam cada ciclo em 3 dias e a laje completa em 6 dias. Outra opção, de ciclo alongado, possibilita o uso do jogo de fôrma de 25% do pavimento, com aproximadamente 800m², onde 20 operários produzem o ciclo em 2 dias e a laje completa em 8 dias. Para efeito de dimensionamento das equipes, ambas as simulações consideram a produtividade média de 20 m²/dia.operário, no entanto, assumindo que a área total de um pavimento seja de 2.800 m², a produtividade real do primeiro caso será de aproximadamente 20 m²/dia.operário e no segundo 17,5 m²/dia.operário.

3.4.2 Subsistemas

No processo construtivo de paredes de concreto moldadas no local alguns dos subsistemas de maior relevância para o desempenho e maior representatividade financeira são as esquadrias, as instalações e o revestimento externo.

Para o subsistema de esquadrias é necessário atenção ao prazo de aquisição, a geometria do caixilho, e a sua forma de instalação, para que estejam compatíveis com o sistema de paredes proposto. Primeiramente, dado a velocidade construtiva da edificação no sistema de fôrmas de alumínio, somado ao fato de estarmos atualmente com o mercado imobiliário aquecido, no qual, os prazos de fabricação e fornecimento de esquadrias são alongados, é necessário atenção à antecedência necessária para a contratação desse subsistema. Dependendo do cronograma elaborado pela construtora a instalação de janelas pode ocorrer duas lajes abaixo da desforma, sendo assim, necessária a contratação dos caixilhos antes do início das fundações (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2013).

Outro fator de atenção está na geometria dos caixilhos, no qual, o vão livre de instalação é determinado por um gabarito acoplado às fôrmas de alumínio no momento da concretagem das paredes. Na obra denominada “B” visitada pelo autor foi apresentado que diferentes municípios possuem legislações distintas quanto a altura de peitoril e dimensão mínima da esquadria, possuindo impacto direto na fabricação das fôrmas da obra.

Por fim, segundo a Comunidade da Construção (2013), em pesquisa realizada com 11 construtoras que faziam uso do processo de paredes de concreto, 7 destas relataram reclamações quanto a estanqueidade na interface caixilho externo e a parede em concreto.

Já o subsistema de instalações, dada a velocidade exigida pelo ciclo de estrutura e também devido à padronização dos pavimentos, diversas construtoras dão preferência ao uso de sistemas pré-fabricados como os kits tipo “polvo elétrico” e redes hidráulicas em PEX. Ambas as soluções industrializadas são montadas e testadas em fábricas ou em central no canteiro, apresentando maior garantia ao construtor, além de facilitar e agilizar as instalações. O autor do trabalho, em uma das visitas, foi informado que apesar dos kits, quando industrializados, apresentarem maior custo em sua aquisição, a economia na contratação da mão-de-obra, dado a

maior produtividade e menor quantidade de funcionários em canteiro, compensa o seu uso. Além disso, em outra obra visitada, o autor pôde visualizar a montagem e teste dos kits sendo efetuados pela própria equipe instaladora contratada no canteiro.

Outro subsistema relevante no processo construtivo de parede de concreto é o revestimento externo. Segundo, Crescencio e Barros (2005), os processos de alvenaria estrutural e parede de concreto, por apresentarem substrato com elevada regularidade superficial, permitem a aplicação de revestimentos de menor espessura. Em específico para o sistema de fôrmas de alumínio, dado as melhores condições de planicidade e menor permeabilidade das paredes maciças de concreto, possibilita-se a eliminação do emboço, desde que se sigam cuidados na especificação, aplicação e tratamento do concreto, sendo comum em mercado, a aplicação de textura acrílica direto sobre as paredes externas após aplicação de selador. Esse aspecto implica em significativa economia de insumos, mão de obra e de prazo de execução, assim, resultando em um revestimento de menor custo.

3.5 Custos de produção

3.5.1 Custos diretos

Conforme já discutido no item 2.5.1, os custos diretos são despesas associadas diretamente à produção do projeto. Em específico para o processo de paredes de concreto, os principais custos diretos em sua fase de estrutura são: fôrmas de alumínio, concreto autoadensável, telas eletro soldadas e a mão de obra envolvida. Os subsistemas de maior representatividade financeira nos custos diretos, em geral, são: fundações, revestimentos, instalações e esquadrias.

Este capítulo ilustrará ao leitor os fatores de maior relevância associados aos custos diretos de produção. Serão descritos principalmente, os impactos financeiros da aquisição da fôrma de alumínio no custo do projeto e no ciclo do empreendimento.

Por fim, serão apresentados os custos associados a produção das paredes de concreto com base em referenciais de mercado, pois as tabelas de composição do SINAPI atuais não indicam os custos unitários de maneira completa para o processo de paredes de concreto.

Primeiramente, conforme já citado no item 3.3.1, as fôrmas de alumínio possuem expressiva representatividade no custo desta metodologia construtiva. Os custos

envolvidos no conjunto de equipamentos são: aquisição (custo direto), reformas, manutenções, frete e estocagem (custo indireto). Atualmente, com base nas referências das obras visitadas, o custo de aquisição das fôrmas com proteções periféricas inclusas, é de aproximadamente R\$1.875,00/m² (data base Outubro/2024), sendo estimado uma média de 700 a 900 reutilizações.

Para a viabilidade dos projetos com fôrma de alumínio, em geral, o equipamento é reutilizado em diferentes projetos com layout arquitetônico padronizado, cabendo a obra que fez uso das fôrmas, reformá-las e entregá-las para o próximo empreendimento em boas condições de uso. Além disso, dado a representatividade do custo de aquisição do equipamento no projeto, a construtora da obra “A”, por exemplo, optou por fracionar essa despesa de acordo com a quantidade de usos de cada projeto. Assim, como a obra “A” fará 102 reutilizações do equipamento e a estimativa de sua vida útil é de 700 a 900 usos, a obra pagará por cerca de 11 a 15 % de seu custo total.

Já em outra construtora, objeto deste estudo de caso, a obra denominada “B”, na qual a construtora detém diversos jogos de fôrmas e com rápido reaproveitamento, o custo de aquisição do equipamento não é contemplado no orçamento das obras, sendo uma despesa da administração central. Além disso, na visita à obra “B” foi informado que a quantidade de reutilizações do equipamento está principalmente relacionada ao cuidado da equipe de montadores. Esta empresa possui um departamento exclusivo para verificação das condições dos equipamentos das obras e em estoque, no qual, são realizadas auditorias para verificação do estado de conservação das fôrmas: (1) na entrega destes à obra, (2) durante a sua execução e (3) em seu término. Esta mesma empresa, na auditoria de término de obras separa os painéis que necessitam reforma e a obra que os danificou é responsável pelo seu custo de manutenção. A obra “B” estimou a necessidade de reforma de 50% dos painéis de fôrmas a cada ciclo de 150 reutilizações, com um custo de R\$120,00/m². Considerando a vida útil dos equipamentos de 700 usos, e a realização de reformas a cada 150 ciclos, estima-se que serão necessárias 4 reformas durante a vida útil dos painéis. Assim, o custo total com reformas é estimado em aproximadamente R\$240,00/m² (R\$120,00 x 50% x 4 reformas).

Considerando que as composições de custos do SINAPI não indicam de forma completa os valores unitários para o sistema de fôrma de alumínio, serão apresentados na Tabela 3.2 os valores de maior relevância do sistema para a construtora executora da obra “B”:

Descrição dos custos	Unidade	Preço unitário
Aquisição das fôrmas	m ²	R\$ 1.875,00
Reforma das fôrmas	m ²	R\$ 240,00
Estocagem da fôrma	m ²	R\$ 12,13

Tabela 3.2: Custos do equipamento fôrma de alumínio
 Fonte: Dados disponibilizados pela construtora executora da obra “B”
 (Adaptado pelo autor)

Em contraste, ao entrevistar o diretor comercial de uma das maiores fabricantes de fôrmas de alumínio do país, foi estimado que são necessárias cerca de 300 reutilizações para reformar os equipamentos e o seu custo aproximado é de R\$200,00/m².

O valor de aquisição das fôrmas, apresentado anteriormente, corresponde a uma média de mercado considerando a condição de pagamento à vista. Contudo, de acordo com os fabricantes entrevistados, a forma de pagamento mais comum ocorre por meio de leasing ou financiamento disponibilizado pelo BNDES Finame. Em períodos de elevação da taxa básica de juros (Selic), o financiamento bancário torna-se mais oneroso, reduzindo a atratividade do crédito para construtoras e incorporadoras.

No momento da escrita deste trabalho, a taxa Selic encontra-se em 15% a.a., sobre esse percentual, os bancos aplicam um spread adicional, que geralmente varia entre 1% e 2% a.m., de modo a tornar o custo final do financiamento ainda mais elevado. Além disso, alguns fabricantes oferecem alternativas de pagamento financiado, embora em prazos reduzidos e com taxas de juros em torno de 2% a.m.

Nesse contexto, a aquisição de equipamentos por meio de financiamentos de longo prazo pode resultar em encargos financeiros excessivos, a ponto de inviabilizar economicamente a adoção deste processo construtivo.

3.5.2 Custos indiretos

Os principais custos indiretos do processo construtivo de paredes de concreto moldadas no local estão associados à redução do prazo de obras, ao transporte e ao espaço de armazenamento das fôrmas. Primeiramente, dado o potencial de ganho de velocidade construtiva proporcionado pelo sistema de fôrmas de alumínio, quando bem aproveitado pode resultar em significativas economias em custos indiretos. Isto pois, a redução do tempo de construção, gera como consequência menor quantidade de meses para pagamento da mão de obra indireta e aluguéis de equipamentos.

Apesar do potencial de economia com locações de equipamentos, o sistema de fôrmas de alumínio, onera a construção indiretamente quando necessita reformas e transportes dos painéis e acessórios. O capítulo 3.5.1 descreve uma estimativa de custos para reformar os equipamentos, entretanto, vale ressaltar que o seu valor depende do cuidado que a equipe de campo possui ao manusear as peças. As grandes construtoras possuem uma equipe específica para zelar pelo bom cuidado dos equipamentos com objetivo de reduzir o volume de peças danificadas e consequentemente despesas com manutenções dos insumos.

Já com relação a estocagem dos equipamentos, quando há um intervalo entre o término da estrutura de um empreendimento para início do próximo, as fôrmas precisam de espaço para armazenamento. Quando a construtora possui obras em andamento com espaço disponível para o acondicionamento dos equipamentos, este custo indireto é mínimo, no entanto, não havendo este espaço disponível é necessário armazená-lo em espaços locados para este propósito específico. Conforme citado no item 3.5.1, a construtora da obra “B” estima este custo de estocagem com valor mensal de R\$12,13/m² em espaço com este propósito específico. Neste custo mensal está considerado locação do espaço de armazenamento e equipes administrativa e de segurança para controle e mitigação de furtos.

3.6 Fatores promotores e limitantes da sua utilização

3.6.1 Padronização e Escala

Diferente dos outros processos construtivos, no sistema de parede de concreto com fôrmas de alumínio padronização e escala são fundamentais para a sua viabilidade. Isto pois, dado que painéis de alumínio possuem elevado custo de aquisição, para o seu pagamento e geração de resultados financeiros para a empresa construtora, é

necessário elevado grau de utilização (repetição em escala) e elevado reaproveitamento do equipamento. Dessa forma, de acordo com os profissionais entrevistados durante a revisão bibliográfica, quando definido a construção em paredes de concreto, e a aquisição de fôrmas de alumínio, é crucial selecionar um layout de produto padrão, estável ao mercado consumidor.

Segundo o diretor comercial de uma das maiores fabricantes de fôrmas do país, a média de ciclos que a fôrma de alumínio resiste é de aproximadamente 900 reutilizações. Portanto, o equipamento pode ser aproveitado em empreendimentos sequenciais e permanecer durante anos em obras. Assim, idealmente, o layout arquitetônico definido no momento da aquisição torna-se fixo até o desuso do equipamento. Ainda, o especialista acrescenta que alterações no equipamento, como adequação de pé direito e altura do peitoril, são indesejáveis podendo atingir custos de 60% do valor de um jogo novo.

3.6.2 Exposição financeira

O processo construtivo de parede de concreto com fôrmas de alumínio moldadas no local exige significativa exposição financeira devido a aquisição dos equipamentos. Em algumas situações a exposição pode ser reduzida como quando adotado a locação das fôrmas ao invés da compra, e também, quando adquiridas menores áreas de equipamentos, optando pelo ciclo com “joguinho” (fôrmas equivalentes à 25% da área do pavimento completo).

A locação de fôrmas de alumínio para uso em edificações residenciais na cidade de São Paulo é pouco representativa, sem evidências de utilização por esse autor. Durante a fase de estudo de caso, nas diversas empresas contatadas pelo autor evidenciou-se somente o uso de fôrmas próprias (aquisição). Ao entrevistar o diretor comercial de uma representativa fabricante de fôrmas, quando questionado sobre a possibilidade de locação do equipamento, foram alertados os riscos:

“Quando o equipamento é adquirido, ele vem totalmente novo, fabricado sob demanda, com as soluções aplicadas ao DNA do negócio imobiliário do construtor. Alugar gera a falsa sensação de economia, porém as indenizações de devolução são altíssimas, além do material alugado ser sempre de qualidade de manutenção duvidosa, gerando retrabalhos na estrutura por conta de deformações e irregularidades geométricas.”

Conforme já citado, outra maneira de reduzir a exposição de caixa nesse processo construtivo é adquirindo uma área menor de fôrmas, para concretagens parciais de cerca de 25% do pavimento tipo, conhecido como “joguinho”. Para isso, os projetos precisam estar com o planejamento de produção e prazo compatíveis com o ciclo da estrutura de um pavimento em cerca de 8 dias trabalhados.

Por fim, dado significativo valor de aquisição dos equipamentos é usual a contratação de financiamentos bancários. Segundo o diretor comercial de uma representativa fabricante de fôrmas, as maneiras de financiamento mais comuns são através de Leasing ou CDC bancário, com opções de BNDES Finame, com juros de aproximadamente 2% a.m..

3.6.3 Restrições de projetos

Como já mencionado nos capítulos anteriores, uma das principais restrições do sistema de paredes de concreto com fôrmas de alumínio está relacionada à sua falta de flexibilidade para acompanhar eventuais alterações no layout arquitetônico do projeto. Além dessa limitação, é importante destacar que este processo construtivo geralmente está associado a projetos econômicos, no qual, os vãos livres entre paredes são mais reduzidos. O sistema de parede de concreto não possui restrição quanto a este afastamento, entretanto, dependendo da distância, a espessura das lajes e paredes podem inviabilizar a escolha deste processo construtivo. Por outro lado, apesar do caráter negativo apontado, observa-se o aspecto positivo do sistema de paredes de concreto, decorrente da possibilidade de construção de edificações sem limitação de altura.

Na região metropolitana de São Paulo, é cada vez mais comum a construção de edifícios com mais de 15 pavimentos utilizando o sistema de parede de concreto. De acordo com Santos (2021), a última revisão da norma ABNT NBR 16055 aborda a questão da altura do sistema com fôrmas de alumínio, permitindo sua aplicação em edificações térreas, sobrados, T+4 e também em edifícios de grande altura, sem restrição de número de pavimentos (NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO, 2022). Um exemplo de uma edificação alta construída com paredes de concreto moldadas no local é o Aurora Exclusive Home, localizado em Balneário Camboriú, com 50

pavimentos e 160 metros de altura (SANTOS, 2021), com espessura de paredes e taxas de armação naturalmente maiores.

No que se refere ao afastamento entre as paredes e os vãos de portas e janelas, Marcus Palanca, em entrevista dada ao instituto Núcleo Parede de Concreto (2022), afirma que é possível realizar diversas configurações, desde que seja garantida a replicabilidade e a viabilidade econômica do método. O mesmo entrevistado acrescenta que existem configurações padronizadas dos painéis que devem ser seguidas, como a modulação das paredes e dos vãos em bases múltiplas de 5 ou 10 cm para haver racionalização das fôrmas e de sua montagem. Apesar deste processo construtivo garantir flexibilidade quanto ao afastamento entre as paredes, no mercado atual (2024), em que, as construções em parede de concreto são aplicadas principalmente em habitações do segmento econômico, esta distância não ultrapassa 5 metros.

3.6.4 Produtividade da mão de obra

Neste item, será abordado o processo construtivo de paredes de concreto, com ênfase na produtividade na montagem de fôrmas de alumínio, na duração média do ciclo de estrutura e nos fatores de projeto que impactam a produtividade da execução. Inicialmente, conforme discutido no item 3.4.1, as produtividades de montagem de fôrmas de alumínio apresentadas pelo caderno de composições do SINAPI e aquelas observadas nas obras “A” e “B” visitadas mostram uma grande semelhança. Como já mencionado, a produtividade média do montador e do ajudante na montagem de cada face da fôrma da parede de concreto é, respectivamente, de 23 m²/dia e 63 m²/dia.

Durante a revisão bibliográfica realizada para este estudo, verificou-se que diversas fontes consideram este sistema construtivo como uma referência em termos de eficiência e produtividade. O processo de construção de paredes de concreto utilizando fôrmas de alumínio moldadas no local se destaca pelo uso de equipamentos industrializados e velocidade de execução, embora exija grande número de colaboradores. A obra visitada, identificada como “A”, com área de fôrmas total de aproximadamente 3.600m², utilizava sistema tipo “joguinho” (25%), no qual, o ciclo estrutural de laje variava entre 8 e 10 dias, sendo executado por uma equipe de 26 colaboradores. Em contrapartida, a obra denominada “B”, com área de fôrmas total

de aproximadamente 3.200 m² e equipamento “jogão” (50%), executava o ciclo estrutural de um pavimento completo em um intervalo de 3 a 4 dias, com um efetivo médio de 37 funcionários.

Durante a visita a obra denominada “B” observou-se processos que contribuíram para a melhoria da produtividade construtiva, como: identificação dos painéis por cores e letras para facilitar a montagem e desmontagem, instalação de laboratório de controle tecnológico em canteiro para garantir maior agilidade na desforma, e uso de fôrmas mais robustas para reduzir a quantidade de gravatas de travamento. Outro fator observado para o ganho de velocidade construtiva foi o pagamento de bonificação por produção à equipe operacional própria, além do salário base. A construtora responsável pela obra “B” fazia o pagamento adicional aos montadores e armadores para cada etapa de concretagem do sistema jogão no valor de R\$260,00. Dado que, para cada lado concretado utilizando o sistema de fôrmas “jogão” o volume de concreto aplicado era de aproximadamente 84m³, a remuneração adicional resultava em cerca de R\$3,10/ m³/ colaborador.

Por fim, o arquiteto Chaves (2022) apresenta fatores de projeto que podem contribuir para a maior eficiência no ciclo de produção da estrutura de parede de concreto com fôrmas de alumínio. De acordo com o especialista, a simetria no projeto do pavimento reduz o número de peças de fôrmas necessárias, o que resulta em um melhor aproveitamento dos painéis de fôrma. Para projetos arquitetônicos com alta densidade de paredes, Chaves (2022) recomenda a adoção de paredes internas em sistema dry-wall, o que reduz a área necessária para os painéis de fôrmas, facilitando o cumprimento de prazos e a realização de ciclos de produção da estrutura mais curtos. Além disso, o autor destaca que a primeira concretagem de cada pavimento, quando não há simetria, tende a ser mais demorada, pois envolve a movimentação de equipamentos para o pavimento inferior.

4. Estudo de Caso

4.1 Caracterização do empreendimento

O estudo de caso deste trabalho faz análise do empreendimento Light 473 Ipiranga, construído no processo de alvenaria estrutural pela construtora em que o presente autor atua. Este projeto consiste em única torre com 124 unidades residências com metragem de 24m² a 27 m² de padrão econômico e comercializadas pelo programa habitacional MCMV. As unidades residências estão distribuídas em 17 apartamentos por pavimento, no térreo e 1º andar, e 18 apartamentos por pavimento do 2º ao 6º andar totalizando área construída de 4.063m².

O objetivo deste estudo de caso é avaliar a viabilidade financeira deste projeto considerando a sua execução nos processos de alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas de alumínio, tomando como base os custos de mercado do 4º trimestre de 2024. Devido a configuração do projeto (térreo + 6 pavimentos), o sistema de paredes moldadas in loco apresenta um reaproveitamento limitado das fôrmas de alumínio, o que tende a impactar negativamente sua viabilidade econômica.

Para viabilizar uma comparação competitiva entre os dois sistemas, o estudo adotará algumas premissas ajustadas para o projeto analisado, preservando, contudo, as características fundamentais das unidades habitacionais dos pavimentos tipo. Dessa forma, será adotado edificação única de térreo + 19 pavimentos tipo, adotando a mesma configuração da laje tipo do projeto original, com total de 359 unidades habitacionais e área construída de 10.700m².

Na Figura 4.1 observa-se a planta do pavimento térreo da edificação composta por 17 unidades padrão estúdio e portaria de acesso. Nos demais pavimentos a portaria é substituída pela 18ª unidade.



Figura 4.1 - Planta de vendas do pavimento térreo do empreendimento Light 473
Fonte: Site Construtora Dias Righi

Neste estudo de caso, a análise orçamentária dos processos construtivos leva em consideração os seus custos globais. Para isso, foram calculados os custos executivos do sistema estrutural e dos demais subsistemas relacionados. A memória de cálculo apresentada a seguir contempla os principais custos para comparativa de viabilidade financeira, destacando que algumas das despesas de obra, por terem igual valor em ambos os processos, não serão contempladas. Assim, na última linha da tabela, o custo total de ambos os sistemas reflete os valores considerados para esta análise, não representando, portanto, o custo integral da obra.

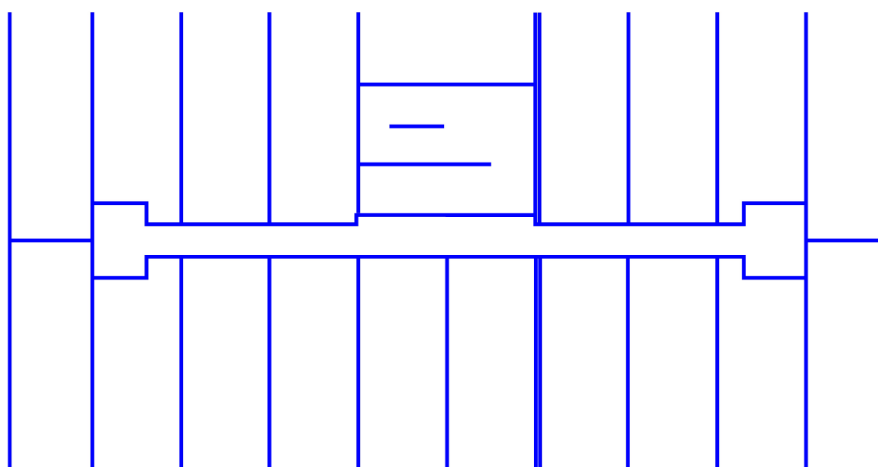
Além disso, este trabalho considera alguns subsistemas com igual preço de custo, embora caso fosse aprofundado, certamente haveria diferenças. Isto ocorre para os subsistemas de fundações e instalações. Para a fundação da edificação, apesar de não ser considerada neste estudo, haverá uma significativa diferença devido ao peso próprio da estrutura. Enquanto a massa específica de uma parede de concreto armado é de aproximadamente 2.500 kg/m^3 , para a alvenaria estrutural este peso se aproxima de 1.400 kg/m^3 . Já para as instalações, devido a metodologia executiva diferente, cada sistema possui seus materiais envolvidos específicos e diferentes valores para mão-de obra.

Para calcular o custo global de ambos os processos, o estudo não se aprofunda em um orçamento detalhado, se limitando a atingir o objetivo de comparar viabilidades. Esta análise financeira foi dividida em subsistemas, na qual, os valores unitários

apresentados têm como principal fonte as tabelas de bancos de dados e composições do SINAPI em sua versão atualizada de dezembro de 2024. Para os itens com custos indisponíveis no SINAPI foram adotados valores de mercado consultados nas obras visitadas ou informados por especialistas entrevistados durante este trabalho.

4.2 Viabilidade Econômica da Estrutura em Alvenaria Estrutural

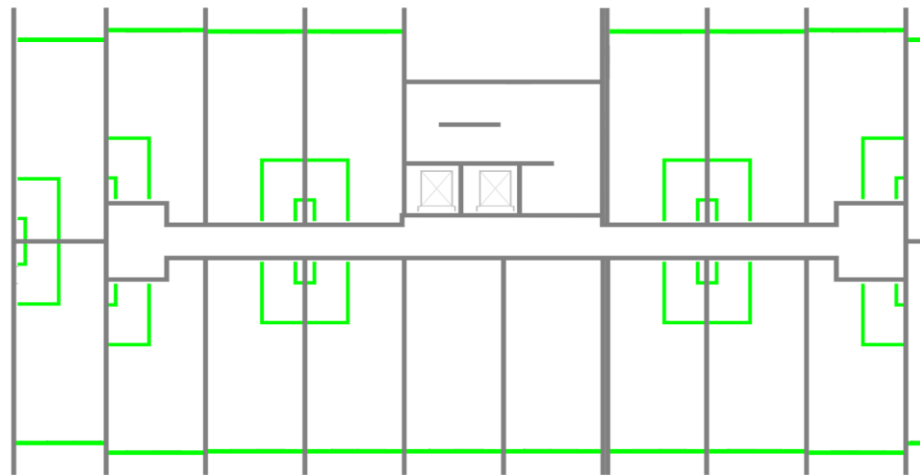
No cálculo da viabilidade da edificação construída com estrutura em alvenaria estrutural, foi adotado paredes com blocos com largura de 14cm e modularidade de componentes de 39cm e 19cm (demonstrado na Figura 4.2). É conhecido em mercado que para edificações em alvenaria estrutural de 20 pavimentos, a resistência dos blocos pode variar em torno de 4 MPa a 22 MPa. No entanto, dado que a composição do SINAPI apresenta valores de alvenaria somente para duas resistências, para efeito de cálculos foi adotado 80% das alvenarias com 14 MPa e 20% com 4,5 MPa. Além disso, para os subsistemas foi considerado paredes de vedação em alvenaria com bloco de concreto (demonstrado na Figura 4.3), revestimento externo em monocamada (monocapa) e revestimento interno em gesso liso, conforme observa-se com maior frequência neste segmento.



Legenda:

Paredes em alvenria estrutural

Figura 4.2 – Paredes em Alvenaria Estrutural – Estudo de Caso
Fonte: Desenvolvido pelo autor



Legenda:

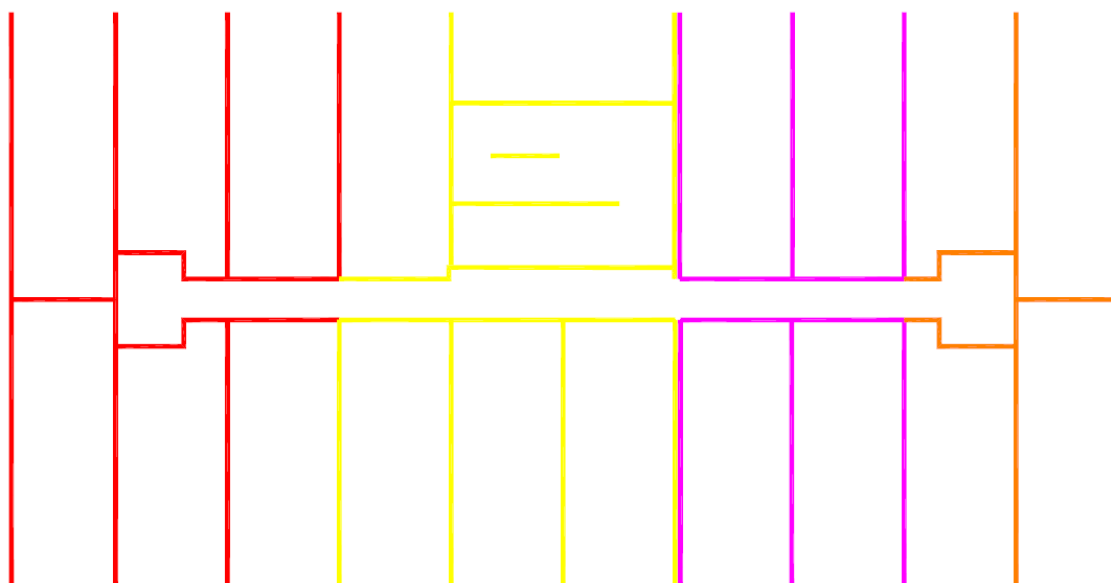
Paredes de vedação

Figura 4.3 – Paredes de Vedação – Estudo de Caso
Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3 Viabilidade Econômica do Sistema de Paredes de Concreto com Fôrmas de Alumínio

Já no cálculo da viabilidade do processo de paredes de concreto com fôrmas de alumínio moldadas no local, foi adotado paredes com espessura de 13 cm armadas com tela única e reforços nos cantos dos vãos. O sistema de fôrmas considerado foi o tipo "joguinho", com área total de face de painéis de 587,84 m² e previsão de 80 reutilizações.

A Figura 4.4 indica as etapas de reaproveitamento das fôrmas de alumínio, na qual, cada cor representa um novo ciclo de montagem dos equipamentos e concretagem. A etapa representada na cor amarela possui a maior área de contato de fôrmas em paredes e lajes, sendo esta a metragem considerada para a compra dos equipamentos, sem inclusão de peças extras ou perdas. No item 4.6 deste trabalho são apresentados os levantamentos do projeto, onde são indicados os levantamentos por etapa considerando suas respectivas áreas brutas e líquidas (com desconto dos vãos).



Legenda:

	Paredes de concreto - Etapa 1
	Paredes de concreto - Etapa 2
	Paredes de concreto - Etapa 3
	Paredes de concreto - Etapa 4

Figura 4.4 – Etapas de concretagem das paredes de concreto – Estudo de caso

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Devido ao custo imobilizado significativo das fôrmas neste sistema, optou-se por atribuir o custo proporcional ao uso em relação à vida útil estimada de 800 reutilizações, com base no que se apurou junto aos entrevistados no estudo de campo. Dessa forma, para o estudo de caso, o custo previsto para os equipamentos foi de 10% do valor do custo de aquisição (R\$110.220,00) somado a despesa de reforma de 30% dos painéis (R\$21.162,20), no qual o valor total para este empreendimento foi estimado em R\$131.382,20. Além destes custos com equipamentos, embora existam despesas complementares de frete e estocagem, como neste estudo de caso a análise se aplica em um único empreendimento, ambos estes custos indiretos serão desconsiderados.

Para os subsistemas da edificação em parede de concreto foram adotados trechos de paredes de vedação em dry-wall (demonstrado na Figura 4.3), revestimento externo em textura acrílica e revestimento interno em massa única. Os subsistemas selecionados também são predominantes no mercado em projetos do segmento residencial econômico.

4.4 Custos Indiretos e Duração da Obra

Além destas premissas, outro fator significativo é o custo indireto. Conforme já descrito na etapa de revisão bibliográfica o custo indireto envolve despesas que não estão diretamente relacionadas com a produção, como equipe administrativa e equipamentos auxiliares. Para este estudo, foram considerados custos mensais fixos de igual valor para ambos os processos, incluindo as despesas com engenharia, administração, almoxarifado, mestre de obras, técnico de segurança, proteção perimetral e transporte vertical (elevadores cremalheira e mini-grua). Considerando a maior velocidade construtiva do sistema de fôrmas de alumínio em relação à alvenaria estrutural, a duração estimada para execução da obra foi de 14 meses para o primeiro e 18 meses para o segundo. Embora o sistema de parede de concreto, com ciclo de oito dias por pavimento, apresente uma duração superior em relação ao sistema de alvenaria estrutural, a aceleração do cronograma ocorre nas atividades subsequentes. Foi adotado que o processo com fôrmas de alumínio possibilita atividades de acabamentos internos e revestimento externo com maior agilidade, assim garantindo, o menor prazo de obra.

4.5 Premissas do Estudo de Caso

Na planilha orçamentária foram estimadas despesas de subsistemas de igual valor para ambos os processos, abrangendo: infraestrutura, fundações, instalações hidráulicas e elétricas, esquadrias, cobertura, impermeabilização e elevadores. Embora os subsistemas de fundações e instalações apresentem particularidades construtivas que podem gerar diferenças financeiras, não foi possível obter informações detalhadas suficientes durante a realização deste trabalho para quantificá-las. Assim, adotou-se a premissa de igualdade nos valores para esses itens.

Além disso, nos itens 4.1 e 4.2 foi citado as características das paredes de ambos os processos, no entanto, detalhes relativos à laje não foram especificados. Para este estudo, adotou-se uma laje de concreto com espessura de 12 cm para os dois sistemas, com diferenças apenas na taxa de armadura e no tipo de concreto utilizado. A taxa de aço foi calculada com base nas tabelas de composições do SINAPI, enquanto o concreto convencional foi adotado para o sistema de alvenaria estrutural, e o concreto autoadensável foi considerado para o sistema com fôrmas de alumínio.

Por fim, para o sistema construtivo de paredes de concreto, serão adotadas as seguintes premissas: a vida útil da fôrma será considerada como 800 utilizações. Assim, considerando que neste empreendimento a fôrma será reutilizada 80 vezes, o custo de aquisição do equipamento será proporcional a essa utilização, ou seja, correspondente a 10% do valor total.

Em relação ao custo de manutenção, conforme apresentado na Seção 3.5.1, a construtora denominada “B”, que utiliza fôrmas com reaproveitamento entre 700 e 900 usos, adota um custo de reforma de R\$ 240,00/m² (R\$ 120,00 × 50% × 4). Para este estudo de caso, será considerado um custo de reforma de R\$ 36,00/m², equivalente a R\$ 120,00 × 30%, uma vez que a reutilização da fôrma neste projeto representa apenas 10% de sua vida útil. Neste estudo de caso não está sendo considerado custos de estoque

4.6 Levantamentos do Projeto

LEVANTAMENTOS ESTRUTURA:	1 PAVIMENTO	20 PAVIMENTOS	OBSERVAÇÕES
ÁREA DE PAREDES ESTRUTURAIS:	637,45 m ²	12.749,00 m ²	
ÁREA DE FÔRMA DE ALUMÍNIO DE PAREDES (2 FACES):	394,84 m ²	394,84 m ²	
ÁREA DE FÔRMA DE ALUMÍNIO EM LAJES (MAIOR TRECHO)	193,00 m ²	193,00 m ²	
ÁREA DE LAJE:	535,00 m ²	10.700,00 m ²	
PERÍMETRO DA EDIFICAÇÃO:	105,00 ml	-	
ÁREA DE FACHADA:	391,50 m ²	7.830,00 m ²	
ÁREA DE REVESTIMENTOS DE PISO:	130,50 m ²	2.610,00 m ²	
ÁREA DE REVESTIMENTOS DE PAREDE E TETO:	1.262,38 m ²	25.247,60 m ²	
ÁREA DE AZULEJO:	143,73 m ²	2.874,60 m ²	

LEVANTAMENTOS AE	1 PAVIMENTO	20 PAVIMENTOS	OBSERVAÇÕES
ARMAÇÃO VERTICAL ALVENARIA ESTRUTURAL (Kg)	81,68	1633,57	Consumo real: 0,12 kg/ m ² de parede
ARMAÇÃO VERGA E CONTRAVERGA (Kg)	170,16	3403,27	Consumo real: 0,25 kg/ m ² de parede
GRAUTE VERTICAL ALVENARIA ESTRUTURAL (m ³)	2,72	54,45	Consumo real: 0,004 m ³ / m ² de parede
GRAUTE CANALETAS HORIZONTAIS (m ³)	13,61	272,26	Consumo real: 0,02 m ³ / m ² de parede
ARMAÇÃO DA LAJE (Kg)	3852,00	77040,00	Consumo real: 60 kg/ m ³ da laje
VOLUME DE CONCRETO DA LAJE (m ³)	64,20	1284,00	Área de laje x (espessura - 0,12m)
ÁREA DAS ESCADAS (m ²)	8,62	172,40	
ARMAÇÃO DAS ESCADAS (Kg)	67,24	1344,72	
VOLUME DE CONCRETO - ESCADAS (m ³)	1,47	29,31	

LEVANTAMENTOS PC	1 PAVIMENTO	20 PAVIMENTOS	OBSERVAÇÕES
ARMAÇÃO PAREDES DE CONCRETO - Q138 (Kg)	1422,57	28451,34	SINAPI - cod. 7155 - consumo: 2,09kg/m ²
ARMAÇÃO REFORÇO DE PAREDES - #10MM (Kg)	23,82	476,46	Adotado 0,035 kg/m ²
ARMAÇÃO POSITIVA DE LAJES - Q138 (Kg)	1118,15	22363,00	SINAPI - cod. 7155 - consumo: 2,09kg/m ²
ARMAÇÃO NEGATIVA DE LAJES - T138 (Kg)	754,35	15087,00	SINAPI - cod. 44193 - consumo: 1,41kg/m ²
VOLUME DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL - PAREDES + LAJE (m ³)	147,07	2941,37	Adotado laje e=0,12m / paredes e=0,13m
VOLUME DE CONCRETO BOMBEÁVEL (m ³)	147,07	2941,37	Adotado laje e=0,12m / paredes e=0,13m
VOLUME DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL - ESCADA (m ³)	1,70	34,00	

QUANTIDADE DE PAVIMENTOS

20

PAREDES DE VEDAÇÃO	1 PAVIMENTO			20 PAVIMENTOS		
	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA
PAREDES DE 9CM	213,41 m ²	27,72 m ²	185,69 m ²	4.268,16 m ²	554,40 m ²	3.713,76 m ²
PAREDES DE 14CM	144,77 m ²	71,68 m ²	73,09 m ²	2.895,36 m ²	1.433,52 m ²	1.461,84 m ²

ALVENARIA ESTRUTURAL	1 PAVIMENTO			20 PAVIMENTOS		
	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA
PAREDES DE 14CM	680,65 m ²	43,20 m ²	637,45 m ²	13.613,08 m ²	864,08 m ²	12.749,00 m ²

PAREDE DE CONCRETO - ESPESSURA SEM REVEST. 13CM	1 PAVIMENTO			20 PAVIMENTOS		
	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA	ÁREA BRUTA	ÁREA DE DESCONTOS	ÁREA LÍQUIDA
ETAPA 1	195,70 m ²	8,64 m ²	187,06 m ²	3.914,04 m ²	172,80 m ²	3.741,24 m ²
ETAPA 2	209,30 m ²	11,88 m ²	197,42 m ²	4.186,00 m ²	237,60 m ²	3.948,40 m ²
ETAPA 3	157,04 m ²	14,04 m ²	143,00 m ²	3.140,80 m ²	280,88 m ²	2.859,92 m ²
ETAPA 4	118,61 m ²	8,64 m ²	109,97 m ²	2.372,24 m ²	172,80 m ²	2.199,44 m ²
SUBTOTAL	680,65 m ²	43,20 m ²	637,45 m ²	13.613,08 m ²	864,08 m ²	12.749,00 m ²

4.7 Tabela de Composições de Custos do SINAPI (adaptado)

ITEM	SISTEMA (CONFORME ABA PREMISSAS)	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
1	INFRAESTRUTURA	PAREDE DE MADEIRA COMPENSADA PARA CONSTRUÇÃO TEMPORÁRIA EM CHAPA DUPLA, EXTERNA, COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A	M2	148,49
1	INFRAESTRUTURA	TAPUME COM TELHA METÁLICA. AF 03/2024	M2	90,19
2	FUNDAÇÃO	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA EDIFICAÇÃO, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDR	M3	13,33
2	FUNDAÇÃO	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, DIÂMETRO DE 70 CM, INCLUSIVE CONCRETO FCK=30MPA E ARMADURA MÍNIMA (EXCLUSIVE BOMBEAMENTO, MO	M	398,59
2	FUNDAÇÃO	ARRASAMENTO MECÂNICO DE ESTACA DE CONCRETO ARMADO, DIÂMETROS DE 61 CM A 80 CM. AF 05/2021	UN	59,04
2	FUNDAÇÃO	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-138. AF 09/2021	KG	13,05
2	FUNDAÇÃO	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF	M3	549,16
2	FUNDAÇÃO	EXECUÇÃO DE RADIER, ESPESURA DE 30 CM, FCK = 30 MPA, COM USO DE FORMAS EM MADEIRA SERRADA. AF 09/2021	M2	335,67
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM (ESPESURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, UTILIZANDO COLHER DE PEDRE	M2	104,80
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM (ESPESURA 14 CM), FBK = 14 MPA, UTILIZANDO COLHER DE PEDRE	M2	124,93
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF 09/2021	KG	10,66
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF 09/2021	KG	13,55
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF 09/2021	M3	1.034,95
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF 09/2021	M3	988,13
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 1	M2	35,34
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTI	M2	66,17
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	12,50
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAME	M3	581,97
3	PAREDE DE CONCRETO	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA EM PAREDES DE EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS, TELA Q-138	KG	9,23
3	PAREDE DE CONCRETO	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO REFORÇO, VERGALHÃO DE 10,0 MM DE DIÂMETRO. AF 06/2019	KG	10,22
3	PAREDE DE CONCRETO	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO ARMADURA POSITIVA DE LAJES, TELA Q-138. AF 06/2019	KG	9,63
3	PAREDE DE CONCRETO	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO ARMADURA NEGATIVA DE LAJES, TELA T-196. AF 06/2019	KG	7,02
3	PAREDE DE CONCRETO	CONCRETAGEM DE EDIFICAÇÕES (PAREDES E LAJES) FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO AUTOAD	M3	575,71
3	PAREDE DE CONCRETO	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	M3	54,21
4	VEDAÇÕES INTERNAS	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 5X19X39 CM (ESPESURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAM	M2	93,08
4	VEDAÇÕES INTERNAS	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 14X19X39 CM (ESPESURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO C	M2	106,39
4	VEDAÇÕES INTERNAS	PAREDE COM SISTEMA EM CHAPAS DE GESSO PARA DRYWALL, USO INTERNO, COM DUAS FACES SIMPLES E ESTRUTURA METÁLICA COM G	M2	130,38
5	REVESTIMENTO EXTERNO	REVESTIMENTO DECORATIVO MONOCAMADA EXECUTADO COM EQUIPAMENTO DE PROJEÇÃO EM FACHADA DE UM EDIFÍCIO DE ALVENARIA EST	M2	132,54
5	REVESTIMENTO EXTERNO	APLICAÇÃO MANUAL DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM SUPERFÍCIES EXTERNAS DE SACADA DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS.	M2	6,92
5	REVESTIMENTO EXTERNO	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA TEXTURIZADA ACRÍLICA EM SUPERFÍCIES EXTERNAS DE SACADA DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIP	M2	34,71
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM TETO DE AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10M², ESPESURA DE 0,5	M2	18,33
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES, ESPESURA DE 0,5CM. AF 03/2023	M2	21,57
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	BIG MASSA - NÃO ENCONTRADO - REFERENCIA DE MERCADO		
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	FUNDO SELADOR ACRÍLICO, APLICAÇÃO MANUAL EM TETO, UMA DEMÃO. AF 04/2023	M2	6,10
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	FUNDO SELADOR ACRÍLICO, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDE, UMA DEMÃO. AF 04/2023	M2	4,92
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	PINTURA LÁTEX ACRÍLICA ECONÔMICA, APLICAÇÃO MANUAL EM TETO, DUAS DEMÃOS. AF 04/2023	M2	13,71
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	PINTURA LÁTEX ACRÍLICA ECONÔMICA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF 04/2023	M2	10,82
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADAS NA ALTURA INT	M2	105,32
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA DE DIMENSÕES 45X45 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MENO	M2	81,40
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	MÃO-DE-OBRA CIVIL DE OBRA PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	21.600,07
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	AUXILIAR DE ESCRITÓRIO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	5.873,14
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	MESTRE DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	13.628,17
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	ALMOXARIFE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	6.775,65
10	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	12.959,11
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE PONTALETES DE MADEIRA NÃO APARELHADA PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS E COM TELHA ONDULADA	M2	28,53
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	TELHAMENTO COM TELHA ESTRUTURAL DE FIBROCIMENTO E= 8 MM, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSIVE IÇAMENTO. AF 07/2019	PS	108,79
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 4 DEMÃOS, REFORÇADA COM VÉU DE POLIET	M2	67,00
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHA	M2	51,57
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	FORRO EM DRYWALL PARA AMBIENTES RESIDENCIAIS, INCLUSIVE ESTRUTURA UNIDIRECIONAL DE FIXAÇÃO. AF 08/2023	PS	74,71
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 70X210CM, ESPESURA DE 3,5CM, ITENS	UN	1.222,43
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 90X210CM, ESPESURA DE 3,5CM, ITENS	UN	1.370,67
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	GUARDA-CORPO DE AÇO GALVANIZADO DE 1,10M, MONTANTES TUBULARES DE 1.1/4" ESPAÇADOS DE 1,20M, TRAVESSA SUPERIOR DE 1 M	M	657,60
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	PORTA DE CORRER DE ALUMÍNIO, COM DUAS FOLHAS PARA VIDRO, INCLUSIVE VIDRO LISO INCOLOR, FECHADURA E PUXADOR, SEM ALIZ	M2	479,91

4.8 Memória de Cálculos

4.8.1 Custos de Alvenaria Estrutural

CUSTOS PROCESSO ALVENARIA ESTRUTURAL						
LOCAL	SERVIÇO / ATIVIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO MA	CUSTO UNITÁRIO MO	CUSTO TOTAL	OBSERVAÇÕES
PAREDES	ALVENARIA ESTRUTURAL (ÁREA LÍQUIDA)	12.749,0				
	ALVENARIA ESTRUTURAL BLOCO 14X19X39 - 14MPA	10.199,2	90,7	32,16	1.253.277,7	80% DA ÁREA DE ALVENARIA
	ALVENARIA ESTRUTURAL BLOCO 14X19X39 - 4,5MPA	2.549,8	73,2	30,01	263.164,9	20% DA ÁREA DE ALVENARIA
	ARMAÇÃO VERTICAL ALVENARIA ESTRUTURAL (kg)	1.633,6	8,55	2,46	17.985,6	
	ARMAÇÃO VERGA E CONTRAVERGA	3.403,3	9,30	4,60	47.305,5	
	GRAUTE VERTICAL ALVENARIA ESTRUTURAL (m³)	54,5	600,1	428,12	55.990,6	
	GRAUTE CANALETAS HORIZONTAIS (m³)	272,3	587,8	393,65	267.205,7	
CUSTO TOTAL DE PAREDES:					R\$ 1.904.929,91	149,42 / m²
LAJES	AQUISIÇÃO + MONTAGEM + DESMONTAGEM DE FÔRMA (m²)	10.700,00	24,95	10,73	381.776,0	
	ARMAÇÃO DA LAJE - #6,3MM (kg)	44.940,00	10,30	2,59	579.276,6	
	LANÇAMENTO DE CONCRETO + ACABAMENTO (m³)	1.284,00		581,00	746.004,0	
	VOLUME DE CONCRETO (m³)	1.284,00	542,75	39,20	747.223,8	
CUSTO TOTAL DE LAJES:					R\$ 2.454.280,40	229,37 / m²
ESCADA	MONATAGEM + DESMONTAGEM DE FÔRMA (MA+MO)	172,40	119,64	94,82	36.972,9	
	ARMAÇÃO DAS ESCADAS - #6,3MM (kg)	1.344,72	11,50	5,46	22.806,5	
	VOLUME DE CONCRETO ESCADA (m³)	29,31	562,50	98,22	19.364,4	
CUSTO TOTAL DE ESCADAS:					R\$ 52.575,97	7,40 / m²
CUSTO TOTAL DE LAJE + ESCADA:					R\$ 2.506.856,37	236,77 / m²
CUSTO TOTAL ESTRUTURA					R\$ 4.411.786,27	

4.8.2 Custos de Parede de Concreto com Fôrmas de Alumínio moldadas in loco

CUSTOS PROCESSO PAREDE DE CONCRETO						
LOCAL	SERVIÇO / ATIVIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO MA	CUSTO UNITÁRIO MO	CUSTO TOTAL	OBSERVAÇÕES
PAREDES	ARMAÇÃO PAREDES DE CONCRETO - Q138(kg)	28.451,3	9,00	0,75	277.400,5	
	ARMAÇÃO REFORÇO DE PAREDES - #10MM(kg)	476,5	9,22	1,39	5.055,2	
	VOLUME DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL (m³)	1.657,4	559,97	15,74	954.164,5	
	MONTAGEM + DESMONTAGEM DE FÔRMA (m³)	1.657,4		750,0	1.243.027,5	CUSTO UNIT. CONFORME REFERÊNCIA DE MERCADO
	LIXAMENTO MECANICO DE PAREDES (m²)	12.749,0		9,89	126.087,6	
	AQUISIÇÃO FÔRMA DE ALUMÍNIO (10% DO CUSTO GLOBAL)	394,8	187,5	0,0	74.032,5	10% = 80 USOS / 800 USOS (VIDA ÚTIL)
	REFORMA DA FÔRMA DE ALUMÍNO (PÓS OBRA)	118,5	120,0	0,0	14.214,2	QUANTIDADE ESTIMADA - 30% DO TOTAL
CUSTO TOTAL DE PAREDES:					R\$ 2.693.982,09	211,31 / m²
LAJES	ARMAÇÃO POSITIVA DE LAJES - Q138 (kg)	22.363,00	9,10	1,05	226.984,5	
	ARMAÇÃO NEGATIVA DE LAJES - T196 (kg)	15.087,00	6,27	1,10	111.191,2	
	MONTAGEM + DESMONTAGEM DE FÔRMA (m³)	1.284,00		750,0	963.000,0	CUSTO UNIT. CONFORME REFERÊNCIA DE MERCADO
	CONCRETO AUTOADENSÁVEL (m³)	1.284,00	559,97	15,74	739.211,6	
	LANÇAMENTO DE CONCRETO + ACABAMENTO (m³)	1.284,00		54,21	69.605,6	
	LIXAMENTO MECANICO DE LAJES (m²)	10.700,00		9,89	105.823,0	
	AQUISIÇÃO FÔRMA DE ALUMÍNIO (10% DO CUSTO GLOBAL)	193,00	187,5	0,0	36.187,5	10% = 80 USOS / 800 USOS (VIDA ÚTIL)
CUSTO TOTAL DE LAJES:					R\$ 2.258.951,42	211,12 / m²
ESCADA	MONATAGEM + DESMONTAGEM DE FÔRMA (MA+MO)	172,40		205,00	35.342,0	
	ARMAÇÃO ESCADA (kgs)	1.344,72	11,50	5,46	22.806,5	
	VOLUME DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL (m³)	34,00	564,15	27,23	20.106,9	
CUSTO TOTAL DE ESCADAS:					R\$ 78.255,37	
CUSTO TOTAL ESTRUTURA					R\$ 5.031.188,88	

4.8.3 Custos dos Subsistemas

CUSTOS DOS SUBSISTEMAS						
ITEM	SUB-SISTEMA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	OBSERVAÇÕES
1	INFRAESTRUTURA	ESTRUTURA EM PARADES DE MADEIRA OSB	400,0 m²	148,49	59.396,0	Referencia SINAPI
		TAPUME EM TELHAS METÁLICAS	121,0 m²	90,19	10.913,0	Referencia SINAPI
		INSTALAÇÕES PROVIÓRIAS	1,0 vb	20.000,0	20.000,0	Reeferencia mercado
2	FUNDAÇÃO	TERRAPLANAGEM	750,0 m³	13,33	9.997,5	Quantidade: 1.500m²x0,5m = 750m³
		ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	1.500,0 ml	398,59	597.885,0	Considerado 100 estacas com 15ml
		ARRASAMENTO DE ESTACAS	100,0 un	59,04	5.904,0	Considerado 100 estacas
		ARMAÇÃO PARA RADIER	7.200,0 kg	13,1	93.960,0	120 m³ x consumo de 60 kgs/m³
		CONCRETAGEM DE RADIER	120,0 m³	549,16	65.899,2	Referencia SINAPI
		EXECUÇÃO DE RADIER	120,0 m³	335,67	40.280,4	Referencia SINAPI
		ALVENARIA DE VEDAÇÃO - 9CM	3.713,8 m²	93,08	345.676,8	Referencia SINAPI
4	VEDAÇÕES INTERNAS	ALVENARIA DE VEDAÇÃO - 14CM	1.461,8 m²	106,39	155.525,2	Referencia SINAPI
		DRY-WALL - 9CM	3.713,8 m²	130,38	484.200,0	Referencia SINAPI
		DRY-WALL - 14CM	1.461,8 m²	130,38	190.594,7	Referencia SINAPI
		MONOCAPA (MA + MO+ EQ)	6.404,4 m²	132,54	848.839,2	Referencia SINAPI
5	REVESTIMENTO EXTERNO	TEXTURA (MA + MO+ EQ)	6.404,4 m²	41,6	266.615,2	Referencia SINAPI
		REV. GESSO LISO	15.822,8 m²	19,95	315.664,9	Referencia SINAPI
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	REV MASSA ÚNICA	15.822,8 m²	13,50	213.607,8	R\$ / m² (referencia mercado)
		PINTUNTURA INTERNA	15.822,8 m²	17,8	281.250,3	Referencia SINAPI
		PISOS E AZULEJOS	5.484,6 m²	88,6	485.803,9	Referencia SINAPI
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	CUSTO BÁSICO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	359,0	13.000,0	4.667.000,0	R\$ / unidade - referencia mercado
8	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	CUSTO BÁSICO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	359,0	8.800,0	3.159.200,0	R\$ / unidade - referencia mercado
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	ENGENHARIA	-	21.600,07		R\$ / mês
		PROFISSIONAIS ADMINISTRATIVOS	-	5.873,14		R\$ / mês
		ALMOXARIFE	-	5.873,14		R\$ / mês
		MESTRE / ENCARREGADO	-	13.628,17		R\$ / mês
10	SEGURANÇA	TÉCNICOS	-	6.775,65		R\$ / mês
		VERBAS / PROTEÇÕES	-	3.500,0		R\$ / mês
11	EQUIPAMENTOS	CREMALHEIRA	-	11.000,0		R\$ / mês
		MINI-GRUA	-	6.500,0		R\$ / mês
		GRUA	-	35.000,0		R\$ / mês
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	CUSTOS BÁSICOS - ESQUADRIAS MADEIRA	718,0 un	1.296,6	930.922,9	Referencia SINAPI
		CUSTOS BÁSICOS - ESQUADRIAS ALUMÍNIO	359,0 un	1.900,4	682.259,3	Referencia SINAPI
		CUSTOS BÁSICOS - GUARDACORPO	1.130,9 ml	657,60	743.647,0	Referencia SINAPI
		CUSTOS BÁSICOS - COBERTURA	535,0 m²	137,3	73.466,2	Referencia SINAPI
		CUSTOS BÁSICOS - IMPERMEABILIZAÇÃO	2.610,0 m²	118,6	309.467,7	Referencia SINAPI
		CUSTOS ELEVADORES	2,0 un	300.000,0	600.000,0	Reeferencia mercado
		CUSTOS BÁSICOS - FORROS	2.610,0 m²	74,71	194.993,1	Referencia SINAPI

4.8.4 Comparação de Custos

				ALVENARIA ESTRUTURAL		PAREDE DE CONCRETO	
ITEM	SUB-SISTEMA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	INFRAESTRUTURA	CUSTO GLOBAL DE INFRAESTRUTURA	1,0	R\$ 90.308,99	R\$ 90.308,99	R\$ 90.308,99	R\$ 90.308,99
2	FUNDAÇÃO	CUSTO GLOBAL DE FUNDAÇÕES	1,0	R\$ 813.926,10	R\$ 813.926,10	R\$ 813.926,10	R\$ 813.926,10
3	ESTRUTURA	PAREDES	12.749,0	R\$ 149,42	R\$ 1.904.929,91	R\$ 211,31	R\$ 2.693.982,09
		LAJE + ESCADA	10.700,0	R\$ 236,77	R\$ 2.533.424,14	R\$ 211,12	R\$ 2.258.951,42
4	PAREDES DE VEDAÇÃO	ALVENARIA DE VEDAÇÃO (MA + MO)	5.175,6	R\$ 96,84	R\$ 501.201,94	R\$ 0,00	R\$ 0,00
		DRY-WALL (MA + MO)	5.175,6	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 130,38	R\$ 674.794,73
5	REVESTIMENTO EXTERNO	MONOCAPA (MA + MO+ EQ)	6.404,4	132,54	R\$ 848.839,18	R\$ 0,00	R\$ 0,00
		TEXTURA (MA + MO+ EQ)	6.404,4	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 41,63	R\$ 266.615,17
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	REV. GESSO LISO	15.822,8	R\$ 19,95	R\$ 315.664,86	R\$ 0,00	R\$ 0,00
		REV. MASSA ÚNICA	15.822,8	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 13,50	R\$ 213.607,80
		REV. PINTUNTURA INTERNA	15.822,8	R\$ 17,78	R\$ 281.250,27	R\$ 17,78	R\$ 281.250,27
		PISOS E AZULEJOS (MA + MO)	5.484,6	R\$ 88,58	R\$ 485.803,93	R\$ 88,58	R\$ 485.803,93
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	CUSTO BÁSICO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	359,0	R\$ 13.000,00	R\$ 4.667.000,00	R\$ 13.000,00	R\$ 4.667.000,00
8	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	CUSTO BÁSICO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	359,0	R\$ 8.800,00	R\$ 3.159.200,00	R\$ 8.800,00	R\$ 3.159.200,00
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	ENGENHARIA	21.600,07	18 mês	R\$ 388.801,26	14 mês	R\$ 302.400,98
		PROFISSIONAIS ADMINISTRATIVOS	5.873,14	18 mês	R\$ 105.716,52	14 mês	R\$ 82.223,96
		ALMOXARIFE	5.873,14	18 mês	R\$ 105.716,52	14 mês	R\$ 82.223,96
		MESTRE / ENCARREGADO	13.628,17	18 mês	R\$ 245.307,06	14 mês	R\$ 190.794,38
10	SEGURANÇA	TÉCNICOS	6.775,65	12 mês	R\$ 81.307,80	10 mês	R\$ 67.756,50
		VERBAS / PROTEÇÕES	3.500,0	12 mês	R\$ 42.000,00	10 mês	R\$ 35.000,00
11	EQUIPAMENTOS	CREMALHEIRA	11.000,0	12 mês	R\$ 132.000,00	10 mês	R\$ 110.000,00
		MINI-GRUA	6.500,0	6 mês	R\$ 39.000,00	5 mês	R\$ 32.500,00
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	CUSTOS BÁSICOS - ESQUADRIAS MADEIRA	718,0	R\$ 1.296,55	R\$ 930.922,90	R\$ 1.296,55	R\$ 930.922,90
		CUSTTOS BÁSICOS - ESQUADRIA ALUMÍNIO	359,0	R\$ 1.900,44	R\$ 682.259,25	R\$ 1.900,44	R\$ 682.259,25
		CUSTOS BÁSICOS - COBERTURA	535,0	R\$ 137,32	R\$ 73.466,20	R\$ 137,32	R\$ 73.466,20
		CUSTOS BÁSICOS - IMPERMEABILIZAÇÃO	2.610,0	R\$ 118,57	R\$ 309.467,70	R\$ 118,57	R\$ 309.467,70
		CUSTOS ELEVADORES	2,0	R\$ 300.000,00	R\$ 600.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 600.000,00
		CUSTOS BÁSICOS - FORROS	2.610,0	74,71	R\$ 194.993,10	74,71	R\$ 194.993,10
CUSTO TOTAL				1825,47 / m²	R\$ 19.532.507,62	1803,69 / m²	R\$ 19.299.449,43

4.8.5 Resumo

ATIVIDADES		ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDE DE CONCRETO
1	INFRAESTRUTURA	R\$ 90.308,99	R\$ 90.308,99
2	FUNDAÇÃO	R\$ 813.926,10	R\$ 813.926,10
3	ESTRUTURA	R\$ 4.438.354,05	R\$ 4.952.933,51
4	VEDAÇÕES INTERNAS	R\$ 501.201,94	R\$ 674.794,73
5	REVESTIMENTO EXTERNO	R\$ 848.839,18	R\$ 266.615,17
6	REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS INTERNOS	R\$ 1.082.719,06	R\$ 980.662,00
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$ 4.667.000,00	R\$ 4.667.000,00
8	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$ 3.159.200,00	R\$ 3.159.200,00
9	MÃO-DE-OBRA INDIRETA (CANTEIRO)	R\$ 845.541,36	R\$ 657.643,28
10	SEGURANÇA	R\$ 123.307,80	R\$ 102.756,50
11	EQUIPAMENTOS	R\$ 171.000,00	R\$ 142.500,00
12	OUTROS CUSTOS POR ETAPA	R\$ 2.791.109,15	R\$ 2.791.109,15
CUSTO TOTAL		R\$ 19.532.507,62	R\$ 19.299.449,43

Legenda:

Maiores diferenças de custos

4.9 Análise dos resultados

4.9.1 Análise das maiores diferenças de custos

Como era esperado, os custos construtivos nos processos de alvenaria estrutural e de parede de concreto com fôrmas de alumínio moldadas in loco apresentaram valores bastante semelhantes. O sistema de assentamento de blocos de concreto foi calculado com um custo global 1,2% superior ao sistema de fôrmas de alumínio. Essa proximidade de custos construtivos evidencia a competitividade de ambos os processos.

Os subsistemas que apresentaram as maiores diferenças de custos entre os dois processos foram: estrutura, vedações internas, revestimento externo e mão de obra indireta. A seguir, serão comparados os custos e as produtividades desses subsistemas com base nas composições do SINAPI.

4.9.1.1 Estrutura

Para o processo de alvenaria estrutural, considerando paredes com blocos de concreto com 14cm, o custo encontrado foi de R\$149,42/m² e produtividade de 19 m²/dia/pedreiro.

Já o sistema de paredes de concreto, considerando paredes maciças de 13cm com uso de concreto autoadensável e armação com uma tela + reforços pontuais, o custo encontrado foi de R\$130,57/m² e a produtividade de 23m²/dia/montador (por face de fôrma). Este valor já inclui o rateio do custo do equipamento.

Dessa forma, observa-se que o sistema de paredes de concreto apresenta menor custo estrutural, embora sua produtividade seja inferior. Pode-se afirmar que este processo construtivo oferece vantagens, especialmente em projetos que envolvem maiores volumes de concreto. No entanto, ele demanda uma maior quantidade de mão de obra.

4.9.1.2 Vedações internas

O sistema de assentamento de blocos de concreto de vedação de 9cm é descrito no SINAPI com custo de R\$93,03/m² e produtividade de 13m²/dia/pedreiro. Já o sistema de paredes de 9cm em dry-wall é indicado com custo de R\$130,38/m² e produtividade de 15m²/dia/montador.

Neste caso, é importante compreender que, embora a alvenaria de vedação tenha um custo inferior, ela exige um revestimento para a aplicação de pintura. No mercado, é

comum a aplicação de revestimento de gesso liso em paredes internas e emboço em paredes externas, enquanto o dry-wall dispensa essas etapas e recebe diretamente a pintura final. As composições do SINAPI mencionadas não contemplam os custos e as produtividades envolvidas na aplicação de revestimentos sobre a alvenaria de vedação.

4.9.1.3 Revestimento externo

Em edificações de alvenaria estrutural é comum a aplicação de revestimento externo de monocamada, popularmente conhecido como monocapa. O SINAPI descreve o custo deste sistema em R\$132,54/m² e produtividade em 19m²/dia/pedreiro.

Já em edificações de parede de concreto, predomina o tratamento das paredes externas e aplicação de textura. As composições do SINAPI apresentam custo de R\$41,63/m² e produtividade de aplicação de seladora de 175m²/dia/pintor e aplicação de pintura/textura em 35m²/dia/pintor.

4.9.1.4 Despesas indiretas

Conforme já descrito no item 3.5.2 deste trabalho, o custo indireto de um projeto está diretamente relacionado com o seu prazo. O processo de parede de concreto é reconhecido por sua agilidade construtiva, no qual, esta depende da quantidade de fôrmas disponíveis (sistema joguinho ou jogão) e da mão de obra direta envolvida.

Neste estudo de caso, considerando uma construtora de porte médio, foi adotado o sistema de fôrmas joguinho e ciclo estrutural de 8 dias trabalhados. Ao compartilhar as premissas do estudo de caso com engenheiros colegas e experientes no sistema de parede de concreto, foi confirmada a possibilidade de execução desta edificação de 20 pavimentos completa em 14 meses. Já para o sistema de alvenaria estrutural, foi considerado o prazo global de 18 meses de execução. Portanto, foi adotado economia de cerca de 28% em custos indiretos para o sistema de parede de concreto em comparação com a alvenaria estrutural.

4.9.2 Análise do Fluxo de Caixa

Além do orçamento, do período de execução e das técnicas construtivas, outro fator crucial para a decisão sobre o processo construtivo são as métricas financeiras para a avaliação do investimento. Segundo Tognetti e Lapo (2020), é fundamental projetar o fluxo de caixa ajustado a uma taxa de juros compatível com o período, considerando a projeção de recursos ao longo do tempo.

Nesse sentido, serão apresentados os cenários com a expectativa de fluxo de caixa para a execução dos projetos nos processos de alvenaria estrutural e parede de concreto. Como resultado dessa análise, serão comparados os indicadores financeiros Valor Presente Líquido (VPL) e Margem Líquida. Para os leitores que não estejam familiarizados com esses indicadores, recomenda-se a consulta à literatura especializada.

Para a apresentação do fluxo de caixa, é necessário estabelecer as premissas financeiras do projeto, como os fluxos de receita, que envolvem os valores das unidades e as condições de pagamento, e os fluxos de despesas, que contemplam os custos da obra e as despesas de incorporação.

Para este estudo de caso, foi adotado o início do projeto 6 meses antes da obra, período crucial para o desenvolvimento de projetos executivos e vendas. Além disso, considerou-se um período de 2 meses após a obra para a entrega do projeto e o encerramento do fluxo de caixa do negócio. Dessa forma, o ciclo do projeto de alvenaria tem duração de 26 meses (6 meses pré-obra, 18 meses de obra e 2 meses pós-obra), enquanto o ciclo para o processo de parede de concreto é de 22 meses (6 meses pré-obra, 14 meses de obra e 2 meses pós-obra).

Além da duração do projeto, foi considerada a venda de 359 unidades residenciais, com preço médio de R\$7.500,00/m², resultando em um valor total de vendas de R\$60.420.000,00 (já descontado o custo do terreno, pago em permuta no valor de 15% do VGV). Para a organização do fluxo de receitas, adotou-se a premissa de pagamentos diretos pelos clientes (prossoluto) para 30% das unidades, com o saldo de 70% sendo pago por meio de financiamento bancário, sendo que 15% dessa quantia corresponde à fração ideal do terreno, com recebimento dois meses após a venda, e os 55% finais pagos proporcionalmente às vendas e ao avanço físico das obras.

Para o fluxo de despesas, foram consideradas separadamente as despesas de obra e as de incorporação. As despesas de obra foram previstas conforme o avanço físico, acrescidas de custos ainda não computados, como projetos executivos, infraestrutura provisória e ligações definitivas, com um gasto de 10% do VGV. Dessa forma, as despesas de obra representam 42,33% do VGV no processo de alvenaria estrutural e 41,97% no processo de parede de concreto. Já as despesas de incorporação foram

distribuídas entre comercial, marketing, administração e tributos, totalizando 37% do VGV. A partir da análise do fluxo de caixa, obtiveram-se os seguintes resultados financeiros: para o processo de alvenaria estrutural, o VPL encontrado foi de R\$10.206.322,48, a margem líquida de 9,06% a.a.. No sistema de fôrmas de alumínio, o VPL foi de R\$10.615.697,98 e a margem líquida de 10,55% a.a..

Além desses indicadores, outra métrica crucial para estimar a necessidade de recursos financeiros é a exposição de caixa. No caso da alvenaria estrutural, a exposição é de R\$1.238.610,00 no segundo mês do projeto. Para o processo de parede de concreto, a necessidade de recursos atinge R\$2.180.277,26 no nono mês do projeto.

Os arquivos com os demonstrativos do fluxo de caixa estão inseridos no final do trabalho em anexos. Para melhor visualização da análise dos resultados descrita acima foi elaborada a Tabela 4.1.

INDICADORES FINANCEIROS	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDE DE CONCRETO
VPL	R\$ 10.206.322,48	R\$ 10.615.697,98
MARGEM LÍQUIDA (AE: 26 meses / PC: 22 meses)	20,67%	20,19%
MARGEM LÍQUIDA (12 meses) - A.A.	9,06%	10,55%
Exposição de Caixa	R\$ 1.238.640,00	R\$ 2.180.277,26

Tabela 4.1 – Indicadores financeiros – Estudo de Caso
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Conforme apresentado no capítulo 4.3, neste estudo de caso foi considerado o custo de aquisição das fôrmas no valor absoluto de R\$ 110.220,00, equivalente a 10% do valor total dos painéis de alumínio. Contudo, a premissa adotada nesta estimativa de fluxo de caixa, de que o custo do equipamento por empreendimento é proporcional ao seu uso, não reflete a realidade do mercado.

Para analisar os indicadores financeiros em um cenário mais próximo das práticas correntes, conforme descrito no capítulo 3.5.1, é necessário considerar a aquisição dos ativos por meio de financiamento bancário. Diferentemente dos cálculos apresentados neste trabalho, a condição usual de pagamento no mercado envolve um desembolso inicial à vista, realizado no momento da assinatura do contrato, e o pagamento do valor restante por financiamento bancário ou diretamente com o fabricante.

Essa modalidade torna a aquisição das fôrmas menos atrativa, pois inclui pagamentos antecipados e a incidência de juros sobre o montante financiado. Ambos os fatores, entretanto, não foram considerados no fluxo de caixa analisado neste estudo.

4.9.3 Matriz de decisão

A matriz de decisão é uma ferramenta de análise utilizada para auxiliar na tomada de decisões. A forma mais comum dessa ferramenta, que será adotada neste trabalho, consiste em uma tabela que apresenta as opções de escolha e critérios múltiplos, com diferentes pesos de importância atribuídos a cada um deles (ROCHA, 2021).

Neste estudo, a matriz de decisão será aplicada para apoiar a escolha do processo construtivo de uma edificação. As opções em análise são os processos de alvenaria estrutural e de parede de concreto com fôrmas de alumínio moldadas in loco, conforme já discutido ao longo do trabalho. Os critérios adotados para a avaliação serão: prazo de obra, custo de obra, necessidade de mão de obra, investimento em equipamentos, qualidade do produto, replicabilidade do produto, exposição de caixa, flexibilidade arquitetônica, limitação técnica estrutural e dificuldade executiva.

A avaliação dos critérios e seus respectivos pesos de importância depende do objetivo da análise, que, neste caso, pode variar conforme a perspectiva do cliente, do construtor ou do incorporador. Para cada um desses stakeholders, haverá diferentes critérios e pesos atribuídos. Este trabalho considerará a percepção de uma empresa incorporadora e construtora de pequeno/ médio porte para a avaliação dos critérios da matriz de decisão.

Neste trabalho, os pesos de importância dos critérios serão avaliados de 1 a 4, sendo 1 “pouco significativo” e 4 “extremamente significativo”. Já as notas de avaliação para cada opção de escolha (alvenaria estrutural e parede de concreto), serão avaliadas de 1 a 5, sendo a avaliação 1 “péssimo” e 5 “excelente”.

Após a definição dos critérios e dos tomadores de decisão, é fundamental contextualizar a situação do mercado para determinar os pesos de importância de cada critério. Considerando que o produto em questão consiste em apartamentos de custo racionalizado, voltados para clientes de baixa renda, o critério “custo de obra” será bastante sensível ao comprador e portanto, extremamente significativo. Aos olhos deste mesmo cliente, a qualidade do produto será considerada muito significativa, e

fatores como prazo de obra e flexibilidade arquitetônica serão adotados como significantes.

Por outro lado, os critérios de necessidade de mão de obra e dificuldade executiva serão avaliados a partir da perspectiva da construtora, de acordo com o atual cenário do mercado de trabalho. Devido à escassez de ajudantes e profissionais qualificados, somada à demanda aquecida do mercado imobiliário, o critério necessidade de mão de obra será considerado de extrema importância. Em relação ao critério dificuldade executiva, embora ambos os processos construtivos estejam amplamente consolidados no mercado, será atribuído um peso significativo, refletindo a experiência da construtora.

Por fim, aos olhos de um incorporador de uma empresa de pequeno/ médio porte, fatores como exposição de caixa e investimento em equipamentos, são bastante sensíveis, portanto, serão considerados extremamente significativos. Já o fator replicabilidade do produto, aos olhos de uma grande empresa que trabalha em busca de grande escalabilidade este critério possuiria grande valor, para empresa de menor porte será considerado significativo. Por último, o critério limitação técnica estrutural, especificamente no que diz respeito à limitação de altura da edificação, será considerado de pouca relevância, dada a natureza do produto e o perfil da empresa.

Matriz de Decisão Aos Olhos do Construtor de Empresa de Pequeno / Médio Porte						
Sistemas		Pesos	Alvenaria Estrutural		Parede de Concreto	
			Nota		Nota	
1	Custo da obra	4	4	16	4	16
2	Qualidade do produto	3	3	9	2	6
3	Prazo de obra	2	4	8	5	10
4	Flexibilidade arquitetônica	2	2	4	2	4
5	Necessidade de mão de obra	4	3	12	2	8
6	Dificuldade executiva	2	2	4	2	4
7	Exposição de caixa	4	4	16	1	4
8	Investimento em equipamentos	4	4	16	1	4
9	Replicabilidade do produto (Escalavel)	2	3	6	5	10
10	Limitação técnica estrutural	1	2	2	2	2
Total			77		52	

Legenda Pesos - Percepção do construtor	
1	Pouco significativa
2	Significativa
3	Muito significativa
4	Extremamente significativa

Legenda Notas - Percepção do construtor	
1	Péssimo
2	Razoável
3	Bom
4	Ótimo
5	Excelente

Tabela 4.2 – Matriz de decisão
Fonte: Desenvolvido pelo autor

5. Conclusão

As premissas para a avaliação na escolha do processo construtivo de uma edificação são diversas. É necessário ter conhecimento do mercado de atuação e dos stakeholders envolvidos na operação, desde o consumidor até a disponibilidade de insumos e serviços. Embora as análises sejam diversas, nesta conclusão serão abordados os principais fatores decisórios na visão deste autor, são eles: custo construtivo, qualidade do produto, exposição de caixa, disponibilidade de insumos e serviços e ciclo financeiro do negócio.

Nesta análise comparativa entre os processos de alvenaria estrutural e parede de concreto, durante a etapa de referências bibliográficas os cálculos apresentados têm como principal fonte as tabelas de composição do SINAPI. Essa referência se baseia em valores nacionais, sem considerar as variações nos custos e nas produtividades nas diferentes regiões do país. Embora o SINAPI seja um parâmetro amplamente utilizado, seus resultados não refletem com precisão os indicadores regionais, o que exige uma análise mais detalhada, especialmente para os subsistemas mais representativos no orçamento.

Além disso, considerando o elevado custo inicial das fôrmas de alumínio, uma parte significativa do custo global desse sistema está no reaproveitamento das fôrmas, na continuidade de seu uso e na manutenção adequada do equipamento, o que assegura uma maior vida útil. Vale ressaltar que esta pode ser uma dificuldade para pequenas e médias construtoras, pois, a continuidade da fôrma depende de novos lançamentos e sequência de obras, condição fundamental para garantir a competitividade do sistema. No estudo de caso analisado, verificou-se a relevância atribuída pelas empresas à preservação e à manutenção das fôrmas, fatores essenciais para tornar o processo atrativo.

Quanto a qualidade do produto, nota-se que ambos dependem da capacitação da mão de obra e equipamentos envolvidos. Como ponto desfavorável a parede de concreto, percebe-se a possibilidade de uso de fôrmas desgastadas ou sujas, resultando em ondulações e asperezas nas paredes e lajes. Em favor deste processo construtivo, o travamento das fôrmas só ocorre quando perfeitamente alinhadas e esquadrejadas, portanto, os montadores sem grande experiência podem executá-lo sem afetar a

qualidade. Em contrapartida, a alvenaria estrutural, necessita pedreiros experientes e maior fiscalização para a garantia de alinhamentos e prumos das paredes.

Ao comparar a flexibilidade arquitetônica e limitação técnica dos processos construtivos, embora o sistema de fôrmas de alumínio não possua restrição de altura em edificações, esta vantagem costuma não se aplicar no segmento econômico. Isto pois para construir edificações maiores do que 24 pavimentos em parede de concreto, o seu custo construtivo deixa de ser competitivo.

Por fim, ao analisar o aspecto financeiro da operação, embora o processo de parede de concreto com fôrmas de alumínio apresente potencial para gerar maiores economias durante a obra em comparação com a alvenaria estrutural, sua exposição de caixa é significativamente maior. Ao simular fluxos de caixa de um projeto imobiliário, além dos custos construtivos, é igualmente importante considerar a qualidade e a velocidade das vendas. Combinando o fluxo de receitas com as despesas da obra e demais custos operacionais, é possível calcular indicadores financeiros e realizar simulações para comparar diferentes cenários possíveis.

No mercado atual, as grandes construtoras atuantes na construção de produtos de habitação de baixa renda se dividem na escolha dos processos construtivos, podendo assim atestar a competitividade de ambos os processos. Para empresas de porte pequeno e médio é comum a adoção do processo de alvenaria estrutural pois envolve menor exposição de caixa e conseqüentemente menores riscos financeiros.

Como consideração final, a escolha do processo construtivo deve ser baseada em uma avaliação detalhada das condições do mercado, incluindo a disponibilidade de materiais e serviços e a demanda pelo produto. Além disso, é fundamental considerar o perfil da empresa incorporadora e construtora, levando em conta fatores como a aceitação de riscos, a disponibilidade de recursos, as preferências construtivas e a duração dos ciclos de seus negócios.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CBIC. Cresce dificuldade para contratar mão de obra qualificada na construção civil. CBIC, 05 abr. 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/cresce-dificuldade-para-contratar-mao-de-obra-qualificada-da-construcao/>. Acesso em: 21 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055. Parede de concreto moldado no local para construção de edificações. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868-2. Alvenaria estrutural – Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055. Parede de concreto moldado no local para construção de edificações. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. Informações: concreto autoadensável. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem, s.d. Disponível em: <https://abesc.org.br/informacoes-texto-do-livreto-azul/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AZEVEDO, S. Vinte e dois anos de política de habitação popular (1964-86): criação, trajetória e extinção do BNH. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 107-119, 1988. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/9391>. Acesso em: 1 maio 2024.

BARROS, M. M. B. Tecnologias construtivas para produção de edifícios no Brasil: perspectivas e desafios. São Paulo, 2013, p. 39.

CESTA, G. A. Porque utilizamos paredes de concreto. Concrete Show, 2009. Disponível em: https://abesc.org.br/arquivos/05_Porque_utilizamos_parede_Concrto_Geraldo_Cesta_Rodobens.pdf. Acesso em: 26 mai. 2024.

CHIARA, M. Falta de trabalhadores qualificados afeta a construção civil e abre caminho para novas tecnologias. Estadão, 2024. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/economia/escassez-trabalhadores-qualificados-construcao-civil-novas-tecnologias/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

CHAVES, Carlos. Produção e produtividade em paredes de concreto. Núcleo Parede de Concreto, set. 2013. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/producao-e-produtividade-em-paredes-de-concreto/>. Acesso em: 13 out. 2024.

CHAVES, Carlos. Fluxo de produção da estrutura. Núcleo Parede de Concreto, 2022. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/producao-e-produtividade-em-paredes-de-concreto/>. Acesso em: 26 mai. 2024.

CIMENTO ITAMBÉ. Tecnologia autoadensável é a ideal para paredes de concreto. Cimento Itambé, 2021. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/tecnologia-autoadensavel-e-a-ideal-para-paredes-de-concreto/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

CORONEL, D. A.; AZEVEDO, A. F.; CAMPOS, A. C. Política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico. *Revista de Economia Política*, jan./mar. 2014, p. 103-119.

FERREIRA, L. M. História da indústria do cimento no Brasil: origens, desenvolvimento e perspectivas futuras. 2014. 240 f. Tese (Doutorado em História) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

FRANCO, L. S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. 1992. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/T.3.1992.tde-06052022-095724. Acesso em: 1 maio 2024.

FRANCO, Sergio. Notas de aula na disciplina Tecnologia de Produção de Alvenaria de Vedações e Estrutural do curso Tecnologia e Gestão da Produção na Universidade de São Paulo, 2023.

FREITAS, A. P. de. Cura no sistema de parede de concreto: recomendações. Núcleo Parede de Concreto, jun. 2022. Disponível em: https://nucleoparededeconcreto.com.br/wp-content/uploads/2022/06/Cura-no-sistema-de-parede-de-concreto_recomendacoes_jun22.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.

GRAZIANO, F. P.; SILVEIRA, R. M.; FREITAS, A. G. P. de. Paredes normatizadas. [Depoimento a Rodnei Corsini]. *Techne*. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/1f770573-f4d9-4875-bf35-b5250a98c1a9/Graziano-2012-paredes.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Programa de atualização tecnológica industrial (PATI): construção habitacional. São Paulo, IPT/Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas/Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, 1988. 85 p.

KERST, Rafael R. Projetos e detalhes construtivos de alvenaria estrutural. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

LEAL, U. Três não é demais. *Construção Mercado*, São Paulo, n. 109, p. 20-24, ago. 2010.

LIMA, Mayara Amin de. Sistematização do processo de projeto para produção de alvenaria estrutural com blocos de concreto em edifícios residenciais. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MATTOS, A. D. Gestão de custos de obra. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

MOHAMMAD, G. Construções em alvenaria estrutural: materiais, projetos e desempenho. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

MONGE, R.; MAYOUR, A. V.; SILVA, J. R. R. A construção de um sistema de sucesso. *Concreto & Construções*, São Paulo, Ed. 90, p. 42-46, abr.-jun. 2018.

NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO. Formas de alumínio: uma variável importante. 29 set. 2021. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/formas-de-aluminio-uma-variavel-importante/>. Acesso em: 7 set. 2024.

NÚCLEO PAREDE DE CONCRETO. Revisão da NBR 16055: restrições e limites. 2022. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/revisao-da-nbr-16655-restricoes-e-limites/>. Acesso em: 26 mai. 2024.

O GLOBO. Imóveis estão cada vez menores. O Globo, 13 jun. 2023. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/imoveis-estao-cada-vez-menores-8109664>. Acesso em: 25 ago. 2024.

OLIVEIRA, D. J.; PAULA, I. C.; LIMA, L. R.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. Uso de blocos de concreto na construção civil. Ciências Exatas e Tecnológicas, abr. 2016, p. 15.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural. São Carlos: Edufscar, 2013.

PARSEKIAN, G.; MEDEIROS, W. Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. 2. ed. São Carlos, 2021. 220 p.

QUAGLIO, J. P. Produção em escala da habitação e racionalização de canteiros de obras. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. doi:10.11606/D.102.2018.tde-05092018-090821. Acesso em: 17 ago. 2024.

RAMALHO, M.; CORRÊA, M. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

RAMOS, A. S. Influência da dimensão modular da unidade na produtividade em alvenarias estruturais de blocos de concreto. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROCHA, F. M. Matriz de decisão: uma ferramenta para análise de alternativas em problemas de decisão múltipla. Revista de Gestão e Projetos, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 58-75, 2021.

SACHT, H. M.; ROSSIGNOLO, J. A. Paredes em concreto moldadas in loco: influência da massa específica e da espessura do painel no conforto térmico de habitações térreas de interesse social no Estado de São Paulo. Anais do IBRACON, São Paulo, 2008. Acesso em: 27 ago. 2024.

SANTOS, A. Paredes de concreto: o que muda com a revisão da norma técnica? Cimento Itambé, out. 2021. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-o-que-muda-com-a-revisao-da-norma-tecnica/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVA, F. B. Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: proposta de um modelo. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-06062013-175542/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SILVA, J. B. R. Telas soldadas para paredes de concreto. 2020. Apresentação em slides, Instituto Brasileiro de Telas Soldadas. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Paredes_de_Concreto_IBTS.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

SILVESTRE, M. Alvenaria estrutural em pauta. ABCP, São Paulo, out. 2013. Disponível em: <https://abcp.org.br/alvenaria-estrutural-em-pauta/>. Acesso em: 12 mai. 2024.

SOUZA, F. Porque tantos pedreiros estão desistindo da profissão. BBC News Brasil, São Paulo, 5 mar. 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cqe75ggjzydo>. Acesso em: 21 set. 2024.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. Alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, v. 1, 2010.

TAUIL, C. A. História da alvenaria estrutural no Brasil. Concreto & Construções, São Paulo, Ed. 90, p. 34-37, abr.-jun. 2018.

TENDA. Diferenças entre alvenaria autoportante e parede de concreto. 2023. Disponível em: <https://www.tenda.com/blog/tenda-explica/diferencas-entre-alvenaria-autoportante-e-parede-de-concreto/>. Acesso em: 13 jul. 2024.

TOGNETTI, G.; LAPO, G. Real Estate no Brasil. São Paulo, 1ª ed., 2020.

VARGAS, M. Para uma filosofia da tecnologia. São Paulo: Alfa-Ômega, 1994. p. 171-286.

WENDLER, A.; MONGE, R. Paredes de concreto – como ter uma obra sem manifestações patológicas. Concreto & Construções, São Paulo, Ed. 90, p. 38-41, abr.-jun. 2018.

ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA
PREMISSAS DO NEGÓCIO:

ÁREA PRIVATIVA	26,5	
PREÇO MÉDIO / M² DA ÁREA PRIVATIVA	R\$ 7.500,00	
PREÇO DE VENDA	R\$ 198.750,00	
TOTAL DE UNIDADES:	359	
UNIDADES EM PERMUTA PERMUTA	55	15%
UNID. ESTOQUE (359-55)	304	
VALOR DA PERMUTA (45 UNIDADES)	R\$ 10.931.250,00	
GVG DO PROJETO (304 UNIDADES)	R\$ 60.420.000,00	

PREVISÃO DE RECEITAS	PERCENTUAL DO VGV	VALOR (R\$)	RECORRÊNCIA
PAGAMENTO PROSSOLUTO	30%	R\$ 18.126.000,00	PARCELAS DE IGUAL VALOR DO INICIO DO PROJETO AO TÉRMINO DA OBRA
PAGAMENTO FIT	15%	R\$ 9.063.000,00	RECEBIMENTO DA FRAÇÃO DO TERRENO, NO VALOR DE 15% DA UNIDADE - 2 MESES APÓS SUA VENDA
RECEITA AVANÇO DE OBRAS (CRÉDITO CEF)	55%	R\$ 33.231.000,00	PROPORCIONAL AS VENDAS E AVANÇO FÍSICO DE OBRAS

PREVISÃO DE DESPESAS	PERCENTUAL DO VGV	VALOR (R\$)	RECORRÊNCIA
DESPESAS DE OBRAS (PAREDE DE CONCRETO)	31,94%	R\$ 19.299.449,43	
ESTIMATIVA DE DESPESAS COMPLEMENTARES NÃO COMPUTADAS NO ORÇAMENTO	10,00%	R\$ 6.042.000,00	
DESPESA TOTAL DE OBRAS	41,94%	R\$ 25.341.449,43	R\$ 2.368,36 por m²
DESPESAS COMERCIAIS AO MÊS (7% DO VGV)	7%	R\$ 4.229.400,00	PROPORCIONAL AS VENDAS
DESPESAS COM MKT (4% DO VGV)	4%	R\$ 2.416.800,00	DIVIDIDO NOS 10 PRIMEIROS MESES DO PROJETO
DESPESAS ADMINISTRATIVAS (22% DO VGV)	22%	R\$ 13.292.400,00	DIVIDIDO EM FRAÇÕES IGUAIS AO LONGO DO PROJETO
IMPOSTOS AO MÊS (4% DO VGV)	4%	R\$ 2.416.800,00	DIVIDIDO EM FRAÇÕES IGUAIS AO LONGO DO PROJETO
INICIO DE VENDAS 6 MESES ANTES DA OBRA			

PARA ACESSAR A
PLANILHA SCANEAR O
QR CODE ABAIXO:



SIMULAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA - PAREDE DE CONCRETO

ATIVIDADES	PRE-OBRA						OBRA (14 MESES)														PÓS-OBRA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
PERCENTUAL DE VENDAS MENSAL	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	5%	5%	10%	5%	5%	5%	5%							
PERCENTUAL DE VENDAS ACUMULADO	15%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	65%	70%	80%	85%	90%	95%	100%							
PERCENTUAL DE DESPESAS DE OBRAS MENSAL							4,68%	8,33%	11,11%	9,98%	9,24%	10,01%	10,56%	8,87%	8,59%	6,16%	4,00%	3,29%	3,00%	2,18%		
PERCENTUAL DE DESPESAS DE OBRAS ACUMULADO							5%	13%	24%	34%	43%	53%	64%	73%	81%	88%	92%	95%	98%	100%		
RECEITA BRUTA MENSAL	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 2.265.750,00	R\$ 1.812.600,00	R\$ 1.359.450,00	R\$ 1.359.450,00	R\$ 1.359.450,00	R\$ 2.136.774,23	R\$ 3.176.105,12	R\$ 4.428.046,75	R\$ 4.082.431,30	R\$ 4.948.213,38	R\$ 5.359.695,72	R\$ 5.404.529,81	R\$ 5.220.766,06	R\$ 5.424.642,04	R\$ 3.405.830,95	R\$ 2.235.540,00	R\$ 2.000.427,47	R\$ 1.903.230,00	R\$ 724.467,17	
RECEITA PROSSOLUTO - 30% VGV	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	R\$ 906.300,00	
RECEITA FIT (TERRENO - 15% VGV)			R\$ 1.359.450,00	R\$ 906.300,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 906.300,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 906.300,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	
RECEITA AVANÇO DE OBRAS (CRÉDITO CEF - 55% VGV)								R\$ 777.324,23	R\$ 1.816.655,12	R\$ 2.615.446,75	R\$ 2.722.981,30	R\$ 3.588.763,38	R\$ 3.547.095,72	R\$ 4.045.079,81	R\$ 3.861.316,06	R\$ 4.065.192,04	R\$ 2.046.380,95	R\$ 1.329.240,00	R\$ 1.094.127,47	R\$ 996.930,00	R\$ 724.467,17	
VENDAS ANTIGAS								R\$ 777.324,23	R\$ 1.384.325,22	R\$ 2.214.721,66	R\$ 2.156.380,78	R\$ 2.148.617,03	R\$ 2.680.727,10	R\$ 2.983.227,24	R\$ 2.652.123,31	R\$ 2.713.199,32	R\$ 2.046.380,95	R\$ 1.329.240,00	R\$ 1.094.127,47	R\$ 996.930,00	R\$ 724.467,17	
NOVAS VENDAS									R\$ 432.329,89	R\$ 400.725,08	R\$ 566.600,53	R\$ 1.440.146,35	R\$ 886.368,62	R\$ 1.061.852,57	R\$ 1.209.192,76	R\$ 1.351.992,72						
DESPESAS TOTAIS MENSAIS	-R\$ 1.590.144,55	-R\$ 1.378.674,55	-R\$ 1.167.204,55	-R\$ 1.167.204,55	-R\$ 1.167.204,55	-R\$ 1.167.204,55	-R\$ 2.352.755,55	-R\$ 3.490.004,79	-R\$ 3.982.059,00	-R\$ 3.697.085,79	-R\$ 3.477.712,12	-R\$ 3.461.811,50	-R\$ 3.601.951,84	-R\$ 3.172.711,70	-R\$ 3.103.465,67	-R\$ 2.274.593,18	-R\$ 1.727.712,52	-R\$ 1.548.419,32	-R\$ 1.474.298,03	-R\$ 1.266.522,06	-R\$ 714.054,55	-R\$ 714.054,55
DESPESAS COMERCIAIS	-R\$ 634.410,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00						
RECEITA LÍQUIDA MENSAL	R\$ 271.890,00	R\$ 483.360,00	R\$ 2.054.280,00	R\$ 1.601.130,00	R\$ 1.147.980,00	R\$ 1.147.980,00	R\$ 1.147.980,00	R\$ 1.713.834,23	R\$ 2.964.635,12	R\$ 4.216.576,75	R\$ 3.659.491,30	R\$ 4.736.743,38	R\$ 5.148.225,72	R\$ 5.193.059,81	R\$ 5.009.296,06	R\$ 5.424.642,04	R\$ 3.405.830,95	R\$ 2.235.540,00	R\$ 2.000.427,47	R\$ 1.903.230,00	R\$ 724.467,17	R\$ 0,00
OBRAS								-R\$ 1.185.551,00	-R\$ 2.111.330,24	-R\$ 2.814.854,45	-R\$ 2.529.881,24	-R\$ 2.340.717,57	-R\$ 2.536.286,95	-R\$ 2.676.427,30	-R\$ 2.247.187,15	-R\$ 2.177.941,12	-R\$ 1.560.538,63	-R\$ 1.013.657,98	-R\$ 834.364,78	-R\$ 760.243,48	-R\$ 552.467,52	
MARKETING	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00
ADMINISTRATIVAS	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00
EBITDA MENSAL	-R\$ 573.990,00	-R\$ 362.520,00	R\$ 1.208.400,00	R\$ 755.250,00	R\$ 302.100,00	R\$ 302.100,00	-R\$ 883.451,00	R\$ 1.243.376,02	-R\$ 696.099,34	R\$ 840.815,50	R\$ 714.573,73	R\$ 1.596.256,43	R\$ 1.867.598,42	R\$ 2.241.672,66	R\$ 2.227.154,94	R\$ 3.259.903,41	R\$ 1.787.972,97	R\$ 796.975,22	R\$ 635.983,98	R\$ 746.562,48	R\$ 120.267,17	-R\$ 604.200,00
IMPOSTOS	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55	-R\$ 109.854,55
RECEITA LÍQUIDA	-R\$ 683.844,55	-R\$ 472.374,55	R\$ 1.098.545,45	R\$ 645.395,45	R\$ 192.245,45	R\$ 192.245,45	-R\$ 993.305,55	R\$ 1.353.230,96	-R\$ 805.963,88	R\$ 730.960,96	R\$ 604.719,19	R\$ 1.496.401,88	R\$ 1.757.743,88	R\$ 2.231.818,11	R\$ 3.150.048,86	R\$ 1.676.118,43	R\$ 687.120,68	R\$ 526.129,44	R\$ 636.707,94	R\$ 10.412,62	-R\$ 714.054,55	
RECEITA LÍQUIDA ACUMULADA	-R\$ 683.844,55	-R\$ 1.156.219,09	-R\$ 57.673,64	R\$ 587.721,82	R\$ 779.967,27	R\$ 972.212,73	-R\$ 21.092,82	-R\$ 1.374.323,38	-R\$ 2.180.277,26	-R\$ 1.449.316,31	-R\$ 844.597,12	R\$ 641.804,76	R\$ 2.399.548,64	R\$ 4.631.366,76	R\$ 6.748.667,15	R\$ 9.898.716,01	R\$ 11.576.834,44	R\$ 12.263.955,12	R\$ 12.790.084,56	R\$ 12.900.663,06	R\$ 12.911.075,68	R\$ 12.197.021,13

SIMULAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA - ALVENARIA ESTRUTURAL

ATIVIDADES	PRE-OBRA																								OBRA (18 MESES)																PÓS-OBRA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																
PERCENTUAL DE VENDAS MENSAL	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	5%	5%	10%	5%	5%	5%	5%																											
PERCENTUAL DE VENDAS ACUMULADO	15%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	65%	70%	80%	85%	90%	95%	100%																											
PERCENTUAL DE DESPESAS DE OBRAS MENSAL							2%	4%	4%	4%	5%	6%	6%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	3%	3%																		
PERCENTUAL DE DESPESAS DE OBRAS ACUMULADO							2%	6%	10%	14%	19%	25%	31%	38%	45%	53%	60%	67%	75%	81%	87%	94%	97%	100%																		
RECEITA BRUTA MENSAL	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 2.114.700,00	R\$ 1.661.550,00	R\$ 1.208.400,00	R\$ 1.208.400,00	R\$ 1.208.400,00	R\$ 1.613.818,20	R\$ 2.055.125,88	R\$ 2.584.541,03	R\$ 2.357.361,83	R\$ 2.956.682,91	R\$ 3.642.283,76	R\$ 3.546.367,01	R\$ 3.889.477,08	R\$ 4.239.731,82	R\$ 3.684.109,50	R\$ 3.154.528,20	R\$ 3.121.297,20	R\$ 3.194.405,40	R\$ 2.931.880,50	R\$ 2.818.895,10	R\$ 2.845.479,90	R\$ 1.831.934,40	R\$ 1.040.130,30																	
RECEITA PROSSOLUTO - 30% VGV	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00	R\$ 755.250,00																		
RECEITA FIT (TERRENO - 15% VGV)			R\$ 1.359.450,00	R\$ 906.300,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00	R\$ 453.150,00																		
RECEITA AVANÇO DE OBRAS (CRÉDITO CEF - 55% VGV)								R\$ 405.418,20	R\$ 846.725,88	R\$ 922.991,03	R\$ 1.148.961,83	R\$ 1.748.282,91	R\$ 1.980.733,76	R\$ 2.337.967,01	R\$ 2.681.077,08	R\$ 3.031.331,82	R\$ 2.475.709,50	R\$ 2.399.278,20	R\$ 2.366.047,20	R\$ 2.439.155,40	R\$ 2.176.630,50	R\$ 2.063.645,10	R\$ 2.090.229,90	R\$ 1.076.684,40	R\$ 1.040.130,30																	
VENDAS ANTIGAS								R\$ 405.418,20	R\$ 846.725,88	R\$ 922.991,03	R\$ 1.148.961,83	R\$ 1.748.282,91	R\$ 1.980.733,76	R\$ 2.337.967,01	R\$ 2.681.077,08	R\$ 3.031.331,82	R\$ 2.475.709,50	R\$ 2.399.278,20	R\$ 2.366.047,20	R\$ 2.439.155,40	R\$ 2.176.630,50	R\$ 2.063.645,10	R\$ 2.090.229,90	R\$ 1.076.684,40	R\$ 1.040.130,30																	
NOVAS VENDAS									R\$ 208.690,68	R\$ 167.318,09	R\$ 237.435,50	R\$ 634.047,48	R\$ 414.889,04	R\$ 521.726,70	R\$ 635.376,72	R\$ 755.174,48	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00																		
DESPESAS TOTAIS MENSAIS	-R\$ 1.480.290,00	-R\$ 1.268.820,00	-R\$ 1.057.350,00	-R\$ 1.057.350,00	-R\$ 1.057.350,00	-R\$ 1.057.350,00	-R\$ 1.681.367,99	-R\$ 2.250.881,09	-R\$ 2.026.623,84	-R\$ 2.136.594,22	-R\$ 2.252.158,92	-R\$ 2.322.008,50	-R\$ 2.460.110,84	-R\$ 2.564.966,32	-R\$ 2.659.592,00	-R\$ 2.509.500,82	-R\$ 2.450.679,45	-R\$ 2.425.104,94	-R\$ 2.481.368,86	-R\$ 2.279.330,25	-R\$ 2.192.376,92	-R\$ 2.212.836,53	-R\$ 1.432.814,05	-R\$ 1.404.682,09	-R\$ 604.200,00	-R\$ 604.200,00																
DESPESAS COMERCIAIS	-R\$ 634.410,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 422.940,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00	-R\$ 211.470,00																	
RECEITA LÍQUIDA MENSAL	R\$ 120.840,00	R\$ 332.310,00	R\$ 1.903.230,00	R\$ 1.450.080,00	R\$ 996.930,00	R\$ 996.930,00	R\$ 996.930,00	R\$ 1.190.878,20	R\$ 1.843.655,88	R\$ 2.373.071,03	R\$ 1.934.421,83	R\$ 2.745.212,91	R\$ 3.430.813,76	R\$ 3.334.897,01	R\$ 3.678.007,08	R\$ 4.239.731,82	R\$ 3.684.109,50	R\$ 3.154.528,20	R\$ 3.121.297,20	R\$ 3.194.405,40	R\$ 2.931.880,50	R\$ 2.818.895,10	R\$ 2.845.479,90	R\$ 1.831.934,40	R\$ 1.040.130,30	R\$ 0,00																
OBRAS								R\$ 824.017,99	R\$ 969.273,84	R\$ 1.079.244,22	R\$ 1.225.018,92	R\$ 1.506.338,50	R\$ 1.644.440,84	R\$ 1.749.296,32	R\$ 1.843.922,00	R\$ 1.905.300,82	R\$ 1.846.479,45	R\$ 1.820.904,94	R\$ 1.877.168,86	R\$ 1.675.130,25	R\$ 1.588.176,92	R\$ 1.608.636,53	R\$ 828.614,05	R\$ 800.482,09																		
MARKETING	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00	-R\$ 241.680,00																	
ADMINISTRATIVAS	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15	-R\$ 511.246,15																	
EBÍTIMO MENSAL	-R\$ 632.086,15	-R\$ 420.616,15	R\$ 1.150.303,85	R\$ 697.153,85	R\$ 244.003,85	R\$ 244.003,85	R\$ 244.003,85	-R\$ 380.014,14	-R\$ 544.109,05	R\$ 121.455,89	R\$ 540.900,85	R\$ 198.156,76	R\$ 727.628,26	R\$ 1.275.126,76	R\$ 1.074.354,53	R\$ 1.322.838,93	R\$ 1.823.184,85	R\$ 1.326.383,90	R\$ 822.377,10	R\$ 732.882,19	R\$ 1.008.029,00	R\$ 832.457,42	R\$ 699.012,42	R\$ 1.505.619,70	R\$ 520.206,16	R\$ 528.884,15																
IMPOSTOS	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85	-R\$ 92.953,85																	
RECEITA LÍQUIDA	-R\$ 725.040,00	-R\$ 513.570,00	R\$ 1.057.350,00	R\$ 604.200,00	R\$ 151.050,00	R\$ 151.050,00	-R\$ 472.967,99	-R\$ 637.062,89	R\$ 28.502,04	R\$ 447.946,80	R\$ 105.202,91	R\$ 634.674,41	R\$ 1.182.172,91	R\$ 981.400,68	R\$ 1.229.885,08	R\$ 1.730.231,00	R\$ 1.233.430,00	R\$ 729.423,85	R\$ 557.868,62	R\$ 915.075,15	R\$ 739.503,58	R\$ 606.058,57	R\$ 1.412.665,85	R\$ 427.252,31	R\$ 435.930,30																	
RECEITA LÍQUIDA ACUMULADA	-R\$ 725.040,00	-R\$ 1.238.610,00	-R\$ 384.126,00	R\$ 220.000,00	R\$ 573.990,00	R\$ 725.040,00	R\$ 252.072,01	-R\$ 384.990,88	-R\$ 356.468,84	R\$ 91.457,99	R\$ 196.660,88	R\$ 831.335,29	R\$ 2.013.508,20	R\$ 981.400,68	R\$ 2.243.793,97	R\$ 1.982.025,97	R\$ 1.188.455,02	R\$ 1.271.478,28	R\$ 8.557.806,62	R\$ 10.212.385,34	R\$ 10.814.443,91	R\$ 12.231.109,77	R\$ 12.656.362,08	R\$ 13.094.292,38	R\$ 12.490.092,38																	