



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIA EDUARDA DA CONCEIÇÃO SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DA ESTRUTURA E VEDAÇÃO ENTRE
SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E INSULATING CONCRETE
FORMS PARA UM SOBRADO**

CARAÚBAS

2023

MARIA EDUARDA DA CONCEIÇÃO SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DA ESTRUTURA E VEDAÇÃO ENTRE
SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E INSULATING CONCRETE
FORMS PARA UM SOBRADO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Gustavo Marques Calazans
Duarte, Prof^o. Me.

Co-orientadora: Leonete Cristina de Araújo
Ferreira Medeiros Silva, Prof^a. Dr^a.

CARAÚBAS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586a Silva, Maria Eduarda da Conceição.
Análise comparativa de custos da estrutura e vedação entre sistemas construtivos convencionais e Insulating Concrete Forms para um sobrado / Maria Eduarda da Conceição Silva. - 2023.
87 f. : il.

Orientador: Gustavo Marques Calazans Duarte.
Coorientadora: Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2023.

1. ICF. 2. Concreto armado. 3. Orçamento estrutural. 4. Projeto Estrutural. I. Duarte, Gustavo Marques Calazans, orient. II. Silva, Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA EDUARDA DA CONCEIÇÃO SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DA ESTRUTURA E VEDAÇÃO ENTRE
SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E INSULATING CONCRETE
FORMS PARA UM SOBRADO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Defendida em: 11 / 10 / 2023 .

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO MARQUES CALAZANS DUARTE**
Data: 24/10/2023 15:38:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gustavo Marques Calazans Duarte, Prof^o. Me. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LEONETE CRISTINA DE ARAUJO FERREIRA MEDEIROS SILVA**
Data: 24/10/2023 18:46:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva, Prof^a. Dr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ERICA NATASCHE DE MEDEIROS GURGEL PINTO**
Data: 24/10/2023 15:31:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto, Prof^a. Dr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **GILVAN BEZERRA DOS SANTOS JUNIOR**
Data: 25/10/2023 12:31:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gilvan Bezerra dos Santos Junior, Prof^o. Dr^o. (UFERSA)
Membro Examinador

A minha mãe, por todo seu amor e esforço.
Graças a você, eu aprendi a não desistir dos
meus sonhos, por mais difíceis que sejam.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me abençoar com a dádiva da vida, saúde e força para enfrentar os desafios e seguir em busca dos meus sonhos.

A minha mãe, Daniela da Conceição Silva, quero dizer que sua presença constante e seu apoio incondicional me deram forças para superar todas as dificuldades encontradas. Você nunca poupou esforços para me ver feliz e alcançar meus objetivos, sou eternamente grata por isso.

Minha avó, Maria José da Conceição Silva, também merece minha sincera gratidão. Sua sabedoria e amor me guiaram ao longo de toda a minha jornada, sou grata por cada conselho, cuidado e amor compartilhado.

Ao meu noivo, Felipe Fernandes de Araújo, agradeço por ser meu companheiro inabalável nesta jornada acadêmica e pessoal. Sua compreensão, apoio e incentivo foram essenciais para o meu sucesso.

Aos meus amigos incríveis, Suzana Alves, Maria Eduarda Carvalho, Victor Mota, Everton Santiago e Sara Alves, quero expressar minha gratidão por estarem sempre presentes. Suas palavras de incentivo, risos compartilhados e amizade leal tornaram os desafios menos assustadores e as alegrias ainda mais especiais.

Ao meu orientador, Gustavo Marques Calazans Duarte, e a minha coorientadora, Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva, por ter me ajudado, incentivado e acreditado no meu potencial, desempenhado sua função com dedicação e amizade, vocês foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

E, por fim, aos meus professores, agradeço pelas lições valiosas e pelo conhecimento que compartilharam. Suas orientações me possibilitaram apresentar um desempenho otimizado ao longo do meu processo de formação profissional e pessoal durante o curso.

O esforço que você coloca na realização de seus sonhos determinará o quão longe você chegará.

Zig Ziglar

RESUMO

O crescimento e desenvolvimento dos centros urbanos têm gerado uma crescente demanda por edifícios e, consequentemente, pelo mercado imobiliário. Com isso, torna-se fundamental a busca por sistemas construtivos que não se atentem apenas às questões econômicas, mas que também considerem os aspectos ambientais, sociais e culturais. Nesse cenário, o sistema denominado como *Insulating Concrete Forms* (ICF) emerge como uma opção construtiva a ser explorada, uma vez que este oferece eficiência, segurança e sustentabilidade para as construções. Assim, o objetivo da realização do presente trabalho foi desenvolver uma análise comparativa dos custos dos elementos estruturais de um sobrado aplicando o concreto armado e alvenaria de vedação e o sistema ICF. Para isso, foram desenvolvidos projetos estruturais tanto para o sistema construtivo convencional quanto para o sistema ICF, aplicados ao sobrado em análise. A elaboração desses projetos foi realizada com o auxílio do *software* Cypecad®. Em seguida, para se obter a comparação de custos dos sistemas estudados, utilizou-se à plataforma *online* de elaboração de orçamentos OrçaFascio®. Com base nos resultados deste estudo, constatou-se que o sistema ICF apresenta uma variação no custo de execução extremamente pequena em comparação ao sistema construtivo convencional. No entanto, o sistema ICF se destacou por suas propriedades térmicas e acústicas, produtividade e sustentabilidade, incluindo a racionalização de materiais e eficiência na execução, superando o sistema construtivo convencional nesses aspectos.

Palavras-chave: ICF. Concreto armado. Orçamento estrutural. Projeto Estrutural.

ABSTRACT

The growth and development of urban centers have generated a growing demand for buildings and, consequently, for the real state market. For that reason, it becomes fundamental to search for constructive systems that not only attend the economic questions, but also consider the cultural, social and environmental aspects. In this case, the system denominated as Insulating Concrete Forms (ICF), emerges as a constructive option to be explored, as it offers sustainability, safety and efficiency to constructions. That being so, the achievement goal of the present work was to develop a comparative analysis of the structural element costs of a townhouse applying the reinforced concrete and masonry sealing and the ICF system. For that, structural projects were developed for both conventional and ICF constructive systems, applied to the townhouse under analysis. The elaboration of those projects was made with the help of the Cypecad® software. Then, to obtain the comparison cost of the studied systems, it was used the budget elaboration online platform OrçaFascio®. Based on the results of this study, it was found that the ICF system shows an extremely small variation in the execution cost in comparison to the conventional constructive system. However, the ICF system stood out for his acoustic and thermal properties, sustainability and productivity, including the efficiency and material rationalization on the execution, overcoming the conventional constructive system in those aspects.

Keywords: ICF. Reinforced Concrete. Structural Budget. Structural Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes do sistema convencional.	19
Figura 2 – Processo de locação da obra.....	21
Figura 3 – Elementos da fundação e impermeabilização	21
Figura 4 – Montagem de pilares e vigas.....	22
Figura 5 – Montagem e assentamento da primeira fiada.....	23
Figura 6 – Assentamento das fiadas	23
Figura 7 – Instalações complementares.....	25
Figura 8 – Chapisco, emboço e reboco.....	25
Figura 9 – Sistema construtivo <i>Insulating Concret Forms</i> (ICF).....	27
Figura 10 – EPS em seu modelo primário de obtenção.....	28
Figura 11 – Fôrmas iFORMS	29
Figura 12 – Marcação dos blocos na base, marcação das aberturas e fixação dos arranques. .	31
Figura 13 – Assentamento dos blocos	32
Figura 14 – Travamento das fôrmas	33
Figura 15 – Parede com recortes e reforços	33
Figura 16 – Etapas de concretagem com preenchimento em terços.....	35
Figura 17 – Preparação para laje	36
Figura 18 – Instalações elétricas e hidrossanitárias	36
Figura 19 – Instalação hidrossanitária com reforço de fôrma.	37
Figura 20 – Passagem de tubulações através das paredes.	37
Figura 21 – Chapisco e reboco em parede ICF.	39
Figura 22 – Revestimento cerâmico em parede ICF.	39
Figura 23 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa.	40
Figura 24 – Planta baixa do pavimento térreo.	41
Figura 25 – Planta baixa do pavimento superior.	42
Figura 26 – Planta baixa do barrilete.....	43
Figura 27 – Planta de Fôrmas: Fundação.	49
Figura 28 – Planta de Fôrmas: Pavimento Térreo (pilares e vigas baldrame).....	50
Figura 29 – Planta de Fôrmas: Pavimento Superior (pilares, vigas e lajes).	50
Figura 30 – Planta de Fôrmas: Cobertura (pilares, vigas e lajes).	51
Figura 31 – Planta de Fôrmas: Barrilete (pilares, vigas e lajes).	51
Figura 32 – Projeto estrutural em 3D.	52

Figura 33 – Fôrma de 18.....	53
Figura 34 – Fôrma de 12.....	53
Figura 35 – Fôrma de Canto (L).	54
Figura 36 – Percentagem de aproveitamento da armadura vertical.....	56
Figura 37 – Percentagem de aproveitamento da armadura horizontal.	56
Figura 38 – Definição das fôrmas Pavimento Térreo.....	57
Figura 39 – Definição das fôrmas Pavimento Superior.....	57
Figura 40 – Definição das fôrmas Barrilete.....	58
Figura 41 – Planta de Fundação e Paredes do Pavimento Térreo.	58
Figura 42 – Planta de Paredes do Piso do Pavimento Superior.....	59
Figura 43 – Planta de Paredes do Piso da Cobertura.....	59
Figura 44 – Planta de Paredes do Barrilete.....	60
Figura 45 – Projeto estrutural em 3D.	60
Figura 46 – Composição estimada para Fôrma 18.	61
Figura 47 – Composição estimada para Fôrma de Canto L.	61
Figura 48 – Composição estimada para Fôrma 12.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de áreas e esquadrias.....	42
Tabela 2 – Resumo do orçamento analítico estimado para o sistema convencional.....	60
Tabela 3 – Resumo do orçamento analítico estimado para o sistema ICF.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Práticas construtivas sustentáveis	17
2.2 Construções em concreto armado	18
2.2.1 Procedimento construtivo das construções convencional em concreto armado.....	20
2.2.1.1 Fundação.....	20
2.2.1.2 Superestrutura	21
2.2.1.3 Alvenaria de vedação	22
2.2.1.4 Instalações complementares.....	24
2.2.1.5 Revestimento e acabamento.....	25
2.3 Sistema Construtivo ICF	26
2.3.1 Poliestireno Expandido.....	28
2.3.2 Técnica Construtiva do ICF	29
2.3.2.1 Fundação	30
2.3.2.2 Marcação das paredes.....	31
2.3.2.3 Assentamento das fôrmas	32
2.3.2.4 Escoras	34
2.3.2.5 Concretagem.....	34
2.3.2.6 Preparação para a laje.....	35
2.3.2.7 Instalações elétricas e hidrossanitárias	36
2.3.2.8 Impermeabilização	38
2.3.2.9 Acabamento	38
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 Caracterização da edificação de estudo	41
3.2 Etapas para elaboração do projeto convencional em concreto armado	43
3.2.1 Considerações de carga	43
3.3 Etapas para elaboração do projeto em ICF	46
3.3.1 Considerações de carga	46
3.4 Orçamento	47

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
4.1 Projeto estrutural convencional em concreto armado	48
4.1.1 Fundação.....	48
4.1.2 Superestrutura.....	48
4.1.3 Alvenaria de vedação.....	49
4.2 Projeto estrutural em ICF	52
4.2.1 Fundação.....	52
4.2.2 Superestrutura/Alvenaria	52
4.2.3 Modificações realizadas no projeto estrutural em ICF	54
4.3 Planilhas Orçamentárias.....	60
4.3.1 Orçamento projeto estrutural convencional.....	60
4.3.2 Orçamento projeto estrutural ICF	61
4.4 Análises dos Resultados.....	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	66
Apêndice A – Relatório Quantidade da Obra e Quantidades de armadura, por diâmetro Projeto Convencional.....	70
Apêndice B – Relatório Quantidade da Obra e Quantidades de armadura, por diâmetro Projeto ICF	77
Apêndice C – Orçamento projeto estrutural convencional.....	82
Apêndice D – Orçamento projeto estrutural ICF.....	85

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada uma das atividades mais poluentes do planeta, tendo como principais agentes o excessivo consumo de matéria-prima e a geração de resíduos provenientes das construções. O crescimento e desenvolvimento dos centros urbanos resultaram em uma crescente demanda por edificações e, conseqüentemente, pelo mercado imobiliário. Tornando-se necessária a busca por materiais e métodos construtivos que não se atentem apenas às questões econômicas, mas também aos aspectos ambientais, sociais e culturais (VIEIRA, 2022, p. 9).

No Brasil, apesar de existirem diversos métodos construtivos, geralmente, opta-se pelos métodos tradicionais na maioria das edificações. Como por exemplo, o uso das alvenarias com tijolos cerâmicos de vedação, que se destinam apenas para o fechamento dos vãos e separação dos ambientes, e estruturas de concreto armado para resistir a todas as ações. Em um novo cenário, a demanda por projetos e construções com despesas reduzidas, soluções otimizadas e métodos aperfeiçoados, tem feito com que as construtoras busquem por novos métodos construtivos (ANTUNES; COSTA JUNIOR, 2021, p. 11).

Diante disso, nos últimos anos, o setor da construção civil está em constante mudança, na busca por inovações, melhorias e adaptação aos novos modelos construtivos, integrando novas alternativas aos sistemas de construção já existentes. Tais modificações incluem em suas soluções processos com maior grau de industrialização, priorizando o mínimo desperdício de materiais, redução de tempo de execução, construções mais sustentáveis e que garantam o desempenho da edificação (JESUS; BARRETO, 2018, p. 12).

Nesse contexto, o sistema denominado *Insulating Concrete Forms* (ICF) que em tradução livre significa “fôrmas com isolamento térmico para concreto”, surge como um sistema construtivo a ser explorado, por proporcionar à construção economia, eficiência, rapidez, segurança e sustentabilidade. O sistema ICF consiste em fôrmas de EPS (poliestireno expandido), popularmente conhecido como isopor®, que são encaixadas transformando-se em um grande “lego”, e que, após montadas, são preenchidas com concreto armado, formando paredes de concreto termoacústicas autoportantes (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 4).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise orçamentária dos elementos estruturais do sistema ICF em comparação com o concreto armado e alvenaria de vedação, com o intuito de verificar a sua viabilidade econômica, como também apresentar e

expandir critérios e parâmetros relacionados ao entendimento, aplicabilidade e viabilidade técnica do modelo ICF.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar análise comparativa dos custos dos elementos estruturais de um sobrado aplicando o concreto armado e alvenaria de vedação e o sistema ICF.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever os aspectos gerais e etapas construtivas do ICF, evidenciando as principais vantagens e desvantagens do sistema;
- Comparar dois métodos construtivos em relação às características dos materiais utilizados e método de execução;
- Desenvolver e comparar os projetos estruturais e seus respectivos orçamentos para execução dos elementos estruturais dos dois métodos construtivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Práticas construtivas sustentáveis

O crescimento populacional implica na necessidade de expansão nas áreas habitacionais, industriais e econômicas. Isso confere à indústria da construção civil um papel ativo em todos esses domínios, sendo responsável pela construção de edificações de diversos portes, o que resulta em uma significativa contribuição para a economia. Nesse contexto, torna-se evidente a importância e a relevância do segmento da construção civil para o desenvolvimento socioeconômico de um país, sendo esta imprescindível para suprir a demanda do crescimento urbano, reduzir o déficit habitacional e auxiliar no crescimento econômico de cidades e regiões, fomentando o mercado imobiliário e gerando empregos para a população (VIEIRA, 2022, p. 12).

De acordo com Santos (2020, p. 13), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. Sendo o cimento e o concreto os insumos mais utilizados nas construções no Brasil, notoriamente o consumo de cimento chega a ultrapassar o de alimentos, e o consumo de concreto só perde para o da água.

Estudos evidenciam que mais de 50% dos resíduos sólidos que são gerados pelo conjunto das atividades humanas são resíduos provenientes da construção civil. Esse dado caracteriza a atividade como um dos principais agente responsáveis pela alteração da paisagem natural, consumo de recursos naturais e elevado uso de energia, afetando consideravelmente a preservação dos recursos ambientais do país (SANTOS, 2020, p. 13).

Nesse cenário, cresce a competitividade no segmento da construção civil, e consequentemente o aumento das exigências dos clientes finais por produtos de melhor qualidade, executados em menores prazos, os melhores custo-benefício, maior produtividade, além de produtos comprometidos com a preservação do meio ambiente. Estas demandas têm impulsionado as empresas a buscarem soluções e adequarem os seus produtos e serviços às novas tecnologias construtivas (ANTUNES; COSTA JUNIOR, 2021, p. 11).

De acordo com pesquisa divulgada em 2019 pela Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP), constata-se que 87% da população do Brasil manifesta preferência por adquirir produtos e serviços de empresas que adotam práticas sustentáveis. Além disso, 70% dos entrevistados afirmam estar dispostos a pagar um valor um pouco mais elevado por tais produtos e serviços, motivando as empresas construtoras a adequarem seus sistemas construtivos às novas demandas, buscando métodos que proporcionem construções mais

sustentáveis (SISTEMA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ, 2019).

Convencionalmente, no setor da construção civil são empregados dois principais sistemas construtivos, sendo o primeiro denominado sistema estrutural reticulado, no qual as lajes, vigas e pilares transportam as cargas até a fundação, e a alvenaria tem a função apenas de vedação. O segundo é o sistema autoportante, no qual a alvenaria exerce a função estrutural, sendo ela a responsável por resistir aos esforços e transportá-los até a fundação (MIRANDA, 2022, p. 53).

No entanto, no Brasil, prevalecem as tradicionais construções em concreto armado com alvenaria de blocos cerâmicos, um método construtivo se mantém desde o século passado, mesmo demonstrando-se pouco eficiente diante da crescente demanda dos últimos anos, devido à sua baixa produtividade, desperdício de material e maior tempo de execução, caracterizando-se como um sistema predominante artesanal. Um exemplo dessa ineficiência pode ser observado na necessidade de quebrar os blocos cerâmicos após a construção das paredes, a fim de acomodar tubulações elétricas e hidráulicas. Essa gestão inadequada dos materiais tem reflexos diretos no custo da obra, resultando em gastos desnecessários, gerados pelos desperdícios dos materiais e retrabalho para os operários (VIEIRA, 2022, p. 15).

Dessa forma, torna-se evidente a urgência de uma ampla transformação de cunho socioambiental global no âmbito da indústria da construção civil, na qual os efeitos adversos se estendem desde a exploração de recursos naturais até a modificação da paisagem natural e a geração excessiva de resíduos. Além disso, é imprescindível a adoção de sistemas construtivos que vão além dos modelos convencionais, compreendendo práticas inovadoras e sustentáveis. Deve-se procurar soluções que não apenas mitiguem os impactos ambientais negativos, mas que também incorporem à industrialização no processo construtivo conferindo inúmeros benefícios as edificações. Pode-se citar como melhorias com a industrialização o aumento de produtividade, controle de consumo de insumos e materiais, controle de qualidade do serviço, mão de obra especializada, redução de desperdícios e de resíduos gerados (VIEIRA, 2022, p. 16).

2.2 Construções em concreto armado

São consideradas construções convencionais aquelas que utilizam as estruturas de concreto armado compostas por pilares, vigas e lajes e vedação em blocos cerâmicos assentados com o uso de argamassa. Este modelo é amplamente empregado no Brasil, devido

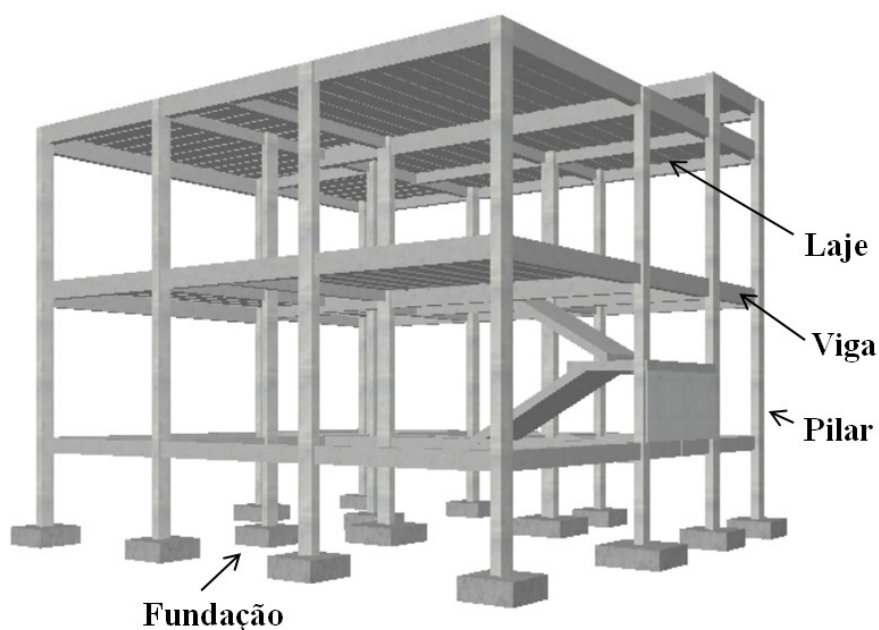
a sua fácil execução e disponibilidade de mão de obra capaz de executá-lo, além disso, seus principais insumos são o cimento, água e agregados, considerados materiais simples, acessíveis e disponíveis no mercado local (MIRANDA, 2022, p. 54).

O concreto é um material amplamente empregado na indústria da construção, composto pela combinação de agregados de diferentes granulometrias, tais como agregados graúdos (pedras britadas, seixos rolados) e agregados miúdos (areia natural ou artificial), aglomerantes (cimento) e água, adições minerais e aditivos especiais (aceleradores e retardadores), conferindo-lhe propriedades distintas e versatilidade no uso construtivo (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 18).

O concreto apresenta resistência à compressão, porém sua resistência à tração é limitada (cerca de 10% a 15% da resistência à compressão), o que torna a utilização do concreto simples notavelmente restringida. Assim, para que os elementos de concreto detenham capacidade de suportar tanto esforços de compressão quanto de tração, incorpora-se ao concreto o aço. Este trata-se de um material de alta resistência à tração, cuja referida união resulta na formação de elementos de concreto armado (concreto e armadura passiva) ou concreto protendido (concreto e armadura ativa) (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 18).

Na Figura 1 são apresentados os componentes estruturais de concreto armado do sistema construtivo convencional.

Figura 1 – Componentes do sistema convencional.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

2.2.1 Procedimento construtivo das construções convencional em concreto armado

Neste subcapítulo, serão abordadas as etapas construtivas e as características do sistema construtivo convencional, moldado *in loco*, que utiliza estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação com tijolos cerâmicos. Essas etapas incluem: fundação; superestrutura; alvenaria de vedação; instalações complementares; revestimento e acabamento.

2.2.1.1 Fundação

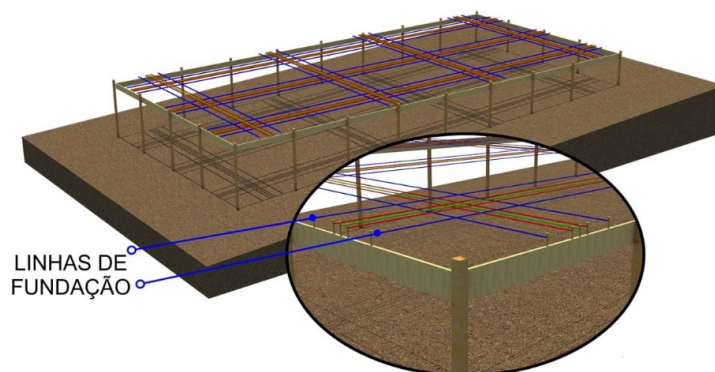
A fundação é um componente estrutural que desempenha a função de transferir a carga da estrutura para o solo. Para designar o tipo de fundação mais apropriado, é necessário considerar as características do solo de suporte e as cargas atuantes na mesma. Além disso, o seu dimensionamento é feito visando assegurar a dissipação das cargas de maneira eficaz no solo, sem ocasionar a sua ruptura ou o surgimento de deformações exageradas ou diferenciais (PORTO; FERNANDES, 2015, p. 105).

De acordo com Porto e Fernandes (2015, p. 106), as fundações superficiais geralmente apresentam custos mais baixos e são mais simples de executar em comparação com as fundações profundas. Elas são consideradas as fundações mais comuns na construção civil e compreendem as sapatas isoladas, associadas ou corridas, blocos, radier e vigas de fundação.

Antes de iniciar a execução da fundação, o processo começa com a montagem do gabarito de madeira, seguindo as plantas de fundação da obra (Figura 2). Após a conclusão do gabarito de madeira, as escavações necessárias são iniciadas, onde as fundações serão construídas. Após a escavação, as fôrmas de madeira são montadas dentro delas, seguidas da colocação das armaduras em seu interior. Para finalizar o elemento, é realizada a concretagem (CORREA, 2020, p.31).

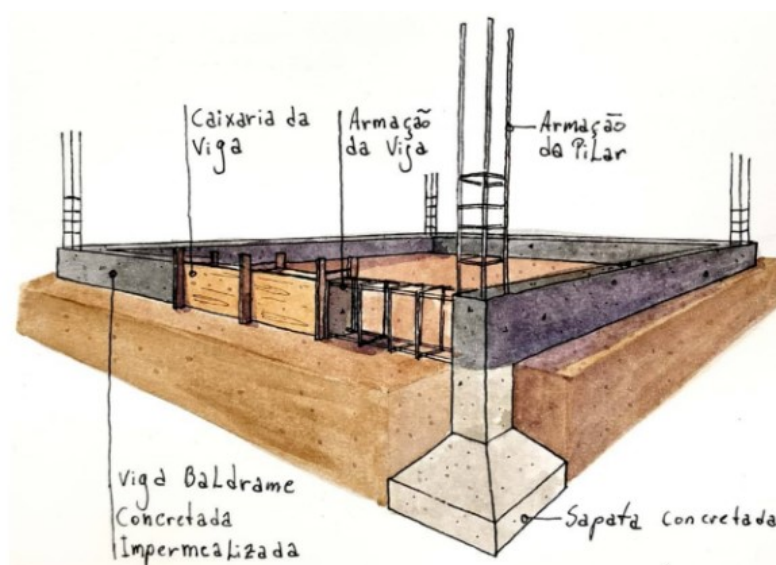
Após a conclusão da etapa de construção da fundação, é necessário realizar a impermeabilização dessa estrutura. Essa medida é fundamental para evitar a ascensão da umidade do solo por capilaridade em direção aos pilares, paredes e lajes. Essa medida visa à prevenção de problemas, tais como infiltrações, formação de fissuras e até mesmo o descolamento de revestimentos (TREVEJO, 2018, p. 10).

Figura 2 – Processo de locação da obra



Fonte: CONSTRUINDO CASAS, 2013.¹

Figura 3 – Elementos da fundação e impermeabilização



Fonte: Renan Sousa Engenharia e Design Residencial, 2021.²

2.2.1.2 Superestrutura

A superestrutura é composta por pilares, vigas e lajes. As lajes são classificadas como elementos de superfície, bidimensionais ou laminares. Isso ocorre porque são componentes com uma dimensão (altura) consideravelmente menor em relação às outras duas (comprimento e largura) (ADORNA, 2021, p. 68).

As vigas são elementos estruturais que se assemelham a barras, uma vez que sua seção transversal é significativamente menor em comparação com seu comprimento. Geralmente,

¹ Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/gabarito-da-obra/>. Acesso em: 13 out. 2023.

² Disponível em: <https://www.renansousaeng.com.br/post/57932-impermeabilizacao-fundacoes>. Acesso em 13 out. 2023.

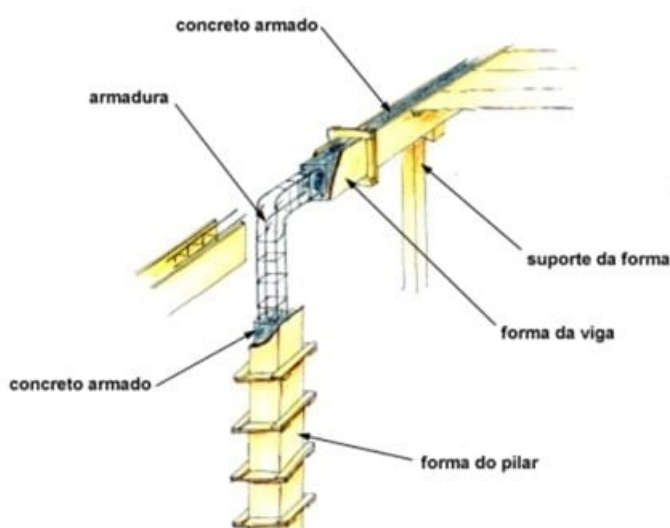
essas vigas são posicionadas horizontalmente e suportam as cargas que atuam perpendicularmente ao longo de seu eixo longitudinal (ADORNA, 2021, p. 176).

E os pilares são elementos estruturais lineares de eixo reto que desempenham um papel crucial na estabilidade vertical de uma construção. Sua principal função consiste em absorver as cargas advindas das vigas e lajes, que atuam sobre a estrutura, e transferi-las para as fundações subjacentes (CORREA, 2018, p. 11).

O processo executivo dos pilares tem início com a colocação da sua armadura devidamente fixada aos arranques deixados pela fundação para estabelecer a conexão entre esses dois elementos. Em seguida, procede-se à montagem das fôrmas de madeira em torno da armadura, preparando o elemento para a concretagem (TREVEJO, 2018, p. 12).

As vigas são posicionadas sobre os pilares, localizadas acima da alvenaria. Para sua construção, o primeiro passo envolve a montagem da fôrma da viga, com atenção ao alinhamento e prumo, garantindo a ausência de vazamentos. Posteriormente, a armadura é inserida, com suas barras devidamente conectadas às barras expostas do pilar. Após o posicionamento da armadura, procede-se à concretagem da peça (TREVEJO, 2018, p. 13).

Figura 4 – Montagem de pilares e vigas



Fonte: EDIFIQUE, 2023.³

2.2.1.3 Alvenaria de vedação

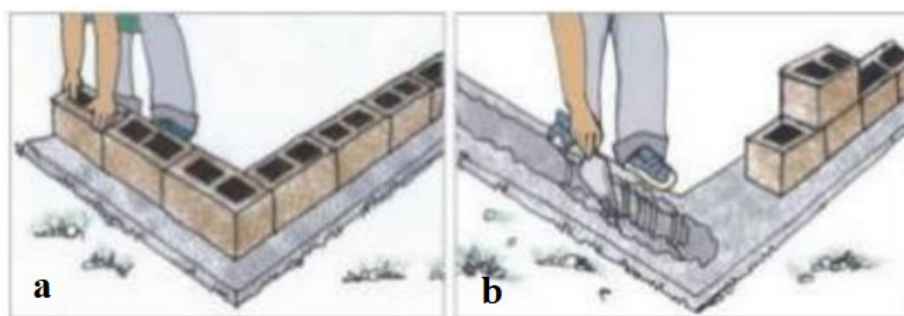
De acordo com Griebeler (2022, p. 45), é indicado aguardar um período mínimo de vinte e oito dias após a concretagem dos elementos estruturais e a remoção dos escoramentos

³ Disponível em: <https://www.edifique.arq.br/estconcr.htm>. Acesso em: 13 out. 2023.

para se iniciar a construção das alvenarias de vedação. A primeira etapa desse processo envolve a preparação do local, isso inclui a limpeza da área, a aplicação de chapisco nos pilares e vigas, bem como o umedecimento dos tijolos e do local onde a alvenaria será assentada, utilizando uma trincha.

A marcação é um passo essencial na execução da alvenaria, que envolve a modulação da primeira fiada sobre a viga baldrame, sem o uso de argamassa, a fim de organizar a sequência dos tijolos (Figura 5a). Em seguida, é realizado assentamento da primeira fiada com o uso de argamassa, geralmente iniciada pelos cantos, seguida de uma verificação rigorosa do prumo, nível e alinhamento (Figura 5b) (TREVEJO, 2018, p. 10).

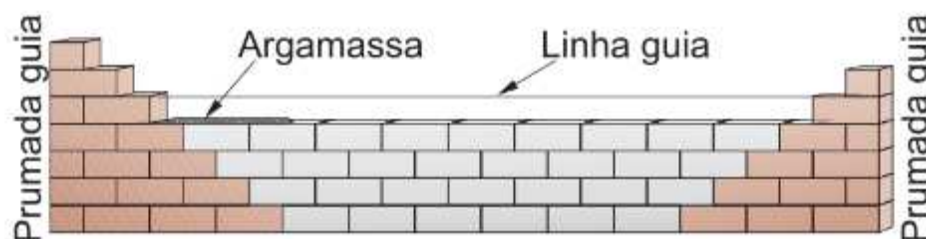
Figura 5 – Montagem e assentamento da primeira fiada



Fonte: TREVEJO, 2018, p. 10.

Após a conclusão da primeira fiada, inicia-se o processo de elevação da parede, com as fiadas sobrepostas, mas com as juntas verticais descontínuas para assegurar a amarração dos tijolos. Os cantos são levantados primeiro e uma linha guia é esticada entre eles para manter a horizontalidade, o nível e o prumo da fiada. Apesar do auxílio das linhas guia, é fundamental conferir a horizontalidade, o nível e o prumo da parede a cada 3 ou 4 fiadas, no máximo (TREVEJO, 2018, p. 11).

Figura 6 – Assentamento das fiadas



Fonte: Mãos à Obra, 2011, p. 13.⁴

⁴ Disponível em: <https://casabemfeita.com/apostila-como-construir-reformar-casas/>. Acesso em: 14 out. 2023.

Durante a execução da alvenaria, é essencial o planejamento e execução dos vãos de janelas e portas. Os vãos das portas são definidos a partir da primeira fiada, enquanto os das janelas são definidos a partir da altura do peitoril indicada no projeto. Para garantir uma ligação eficaz entre a alvenaria e a estrutura, é recomendável o uso de telas metálicas, evitando o surgimento de fissuras e rachaduras que podem resultar em problemas de infiltrações (GRIEBELER, 2022, p. 44).

Outro aspecto crucial na construção de alvenarias de vedação é a execução de vergas e contravergas. Esses elementos são projetados para absorver os esforços nos contornos dos vãos. É aconselhável que o transpasse das vergas e contravergas se estenda pelo menos 20 centímetros de cada lado do vão ou represente 20% do tamanho do vão. Tais elementos podem ser tanto pré-moldados quanto moldados no local, conforme as especificações do projeto (GRIEBELER, 2022, p. 46).

2.2.1.4 Instalações complementares

De acordo com Neu (2014, p. 20), uma das desvantagens do sistema construtivo convencional é a geração de entulho e desperdício significativo de materiais durante a execução das instalações complementares. Isso ocorre devido à necessidade de executar "rasgos" nas paredes para que seja possível embutir as tubulações elétricas e hidrossanitárias.

Esse processo resulta em um aumento no tempo necessário para concluir essa etapa, devido ao retrabalho envolvido, uma vez que, após o assentamento dos tijolos, é necessário abrir rasgos nas paredes para a passagem das instalações, que, em sequência, são preenchidos com a aplicação de argamassa, tornando o processo mais trabalhoso (NEU, 2014, p. 20).

Conforme ilustrado na Figura 7, a presença de eletrodutos e tubulações de água embutidos na parede no sistema convencional resulta em perdas de material causadas pelos rasgos necessários durante a instalação.

Figura 7 – Instalações complementares

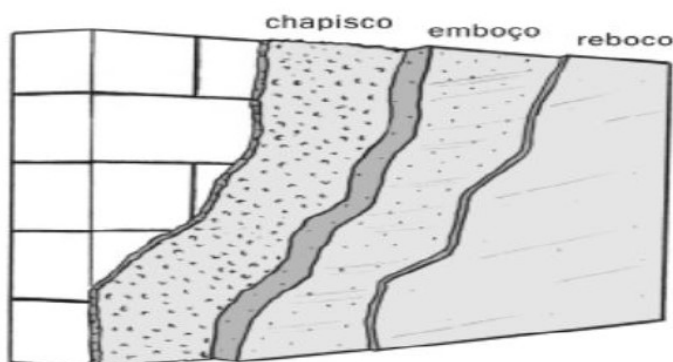


Fonte: MONTE SIÃO CONSTRUTORA, 2021.⁵

2.2.1.5 Revestimento e acabamento

O revestimento pode ser compreendido como uma camada protetora que é aplicada uniformemente sobre uma superfície, criando uma base adequada para receber o acabamento final. Uma de suas funções é proteger tanto a alvenaria quanto a estrutura de danos causados por agentes agressivos, ao mesmo tempo em que contribui para o isolamento acústico, térmico e a impermeabilidade. Geralmente, o revestimento de alvenaria é composto por três camadas, que são: chapisco, emboço e reboco (Figura 8) (GRIEBELER, 2022, p. 47).

Figura 8 – Chapisco, emboço e reboco



Fonte: GRIEBELER, 2022, p. 47.

O chapisco tem a função de conferir a aderência entre o substrato e o revestimento, aumentando a rugosidade da superfície. Para garantir o desempenho adequado do chapisco, é necessário adotar uma série de precauções antes de sua aplicação. Isso inclui a limpeza do

⁵ Disponível em: <https://www.construtoramontesiao.com/acompanhamento-de-obras-residencial-lis/03-1-3/>. Acesso em: 14 out. 2023.

substrato, a eliminação de irregularidades, o preenchimento de cavidades e a remoção de elementos metálicos, como pregos. Além disso, é essencial umedecer a área a ser revestida, a fim de evitar possíveis problemas nas camadas seguintes.

Geralmente, o chapisco é preparado no canteiro de obra, composto por uma mistura de cimento e areia. Sua aplicação comumente é realizada utilizando uma colher de pedreiro, que permite que a argamassa seja lançada sobre a superfície com movimentos uniformes (GRIEBELER, 2022, p. 47-48).

Após a aplicação do chapisco, prossegue-se com o emboço, cuja finalidade é nivelar a superfície, preencher espaços vazios e, sobretudo, corrigir distorções de prumo e esquadro na base. Para sua execução, é necessário confeccionar taliscas, as quais proporcionarão o alinhamento das paredes e a correção de defeitos do substrato. Após essa etapa, a argamassa pode ser aplicada utilizando uma colher de pedreiro. Por fim, o "sarrafeamento" é realizado para aplicar a última camada de revestimento (GRIEBELER, 2022, p. 50).

O reboco, também conhecido como acabamento fino, corresponde à terceira e última camada do revestimento. Ele é constituído por uma argamassa composta por cimento, cal e areia, com espessura máxima de 5mm. O reboco tem a finalidade de proporcionar um acabamento refinado e corrigir possíveis imperfeições presentes no emboço. Normalmente, a aplicação é feita com o uso de uma desempenadeira de madeira e, em seguida, uma desempenadeira com uma espuma é utilizada para conferir o acabamento final à superfície (GRIEBELER, 2022, p. 51).

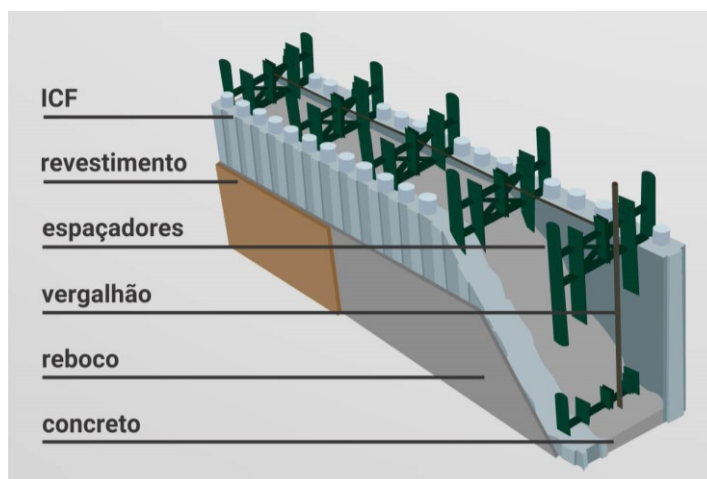
Na perspectiva cultural brasileira, o método convencional é considerado uma técnica construtiva de baixo custo e, aparentemente, de excelente durabilidade. No entanto, esse método demonstra altos índices de desperdício, execução lenta e necessidade de maior quantidade de mão de obra, resultando em baixa produtividade quando comparada aos sistemas pré-moldados (SANTOS, 2020, p. 17). Portanto, a busca por novos métodos construtivos assume um papel de extrema importância. No presente trabalho será abordado um desses sistemas, o ICF, que consiste em um método construtivo composto por blocos de EPS.

2.3 Sistema Construtivo ICF

Um sistema construtivo alternativo, mais moderno e que vem ganhando espaço no setor da construção civil, é *Insulating Concret Forms* (ICF). Este se baseia na utilização de fôrmas termoacústicos de EPS para concreto armado. As fôrmas utilizadas nesse sistema são

compostas por duas placas de EPS de alta densidade, unidas por conectores de material plástico ou metálico, que são posteriormente preenchidas com concreto, resultando em uma estrutura no formato "sanduíche", com o objetivo é alcançar uma estrutura autoportante (Figura 9) (VIEIRA, 2022, p. 20).

Figura 9 – Sistema construtivo *Insulating Concret Forms* (ICF)



Fonte: FASE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM ICF, 2023.⁶

O sistema ICF representa uma evolução para o setor da construção civil, permitindo a criação de paredes altamente resistentes que superam as características das construções convencionais. Isso se deve principalmente ao excelente isolamento térmico e acústico do sistema, à agilidade na execução das obras devido à leveza e praticidade dos materiais, à redução de até 80% no uso de madeira e à diminuição de resíduos no canteiro de obras (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 5).

Além disso, o sistema proporciona uma maior resistência estrutural por ser composto de elementos monolíticos de concreto armado, e uma economia sustentável e vitalícia de energia, graças à significativa redução no consumo de ar condicionado. Trata-se, portanto, de um sistema construtivo que não apenas melhora a eficiência e o desempenho, mas também reduz os custos totais das edificações (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 5).

O método construtivo com painéis de EPS é amplamente empregado nos Estados Unidos da América (EUA), Canadá, Reino Unido e América do Sul, e está se estabelecendo em várias partes do mundo, devido às suas características inovadoras, tecnológicas e ecologicamente eficientes. Esta técnica teve suas origens na Itália antes da Primeira Guerra Mundial, passou por aperfeiçoamentos nos Estados Unidos nas décadas de 70 e 80, e chegou

⁶ Disponível em: <https://shre.ink/28uY>. Acesso em: 29 ago. 2023.

ao Brasil em 1990. Devido ao crescimento contínuo do setor da construção civil, está ganhando um reconhecimento cada vez maior (ANTUNES; COSTA JUNIOR, 2021, p. 23).

O EPS, componente fundamental do sistema ICF, teve sua origem em 1949 na Alemanha, por meio de experimentos químicos conduzidos por Karl Buchholz e Fritz Stasny. No Brasil, sua introdução ocorreu apenas na década de 60, ganhando notoriedade após o registro feito pelo grupo Knauf Isopor® em 1998, tornando-se amplamente conhecido como Isopor (ANTUNES; COSTA JUNIOR, 2021, p. 23).

2.3.1 Poliestireno Expandido

O Poliestireno Expandido (EPS) é uma espuma plástica composta por microcélulas fechadas, formada a partir da polimerização do estireno em água. O produto final consiste em pérolas com diâmetro de até 3 milímetros, que passam por um processo de expansão (Figura 10). Essas pérolas são compostas por 2% de poliestireno e 98% de espaços vazios preenchidos com ar. Durante o processo de transformação, essas pérolas são aquecidas, o que as faz aumentar seu tamanho original em até 50 vezes, fundindo-se e assumindo uma variedade de formatos (VIEIRA, 2022, p. 19).

Figura 10 – EPS em seu modelo primário de obtenção



Fonte: VIEIRA, 2022, p. 19.

No processo de fabricação do EPS, não se utiliza os gases CFC nem HCFC. A emissão desses gases na atmosfera contribui para o efeito estufa e o aquecimento global. Como resultado, os produtos finais feitos de EPS são inertes, não contaminando o solo, a água ou o ar. São completamente reaproveitáveis e recicláveis, podendo ser transformados novamente

em matéria-prima. Além disso, podem ser reciclados varias vezes sem perder suas propriedades mecânicas, ou seja, sem degradação. Nesse contexto, o EPS representa uma opção altamente sustentável no setor de materiais de construção, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a redução dos impactos ambientais (VIEIRA, 2022, p. 19).

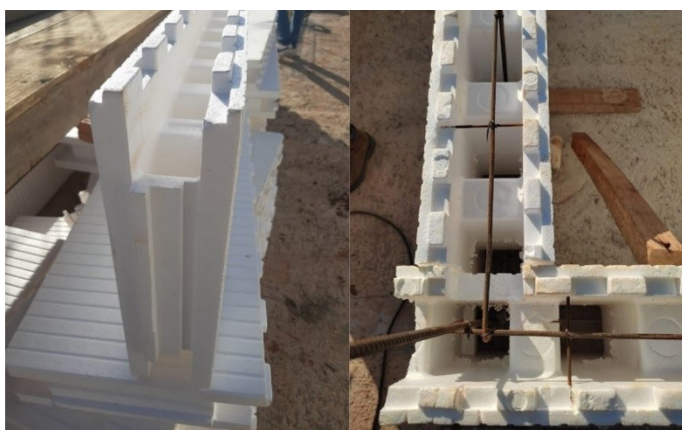
Este material se diferencia por suas diversas características e funcionalidades, incluindo sua capacidade de isolamento térmico e acústico, baixo peso, alta resistência mecânica, versatilidade, absorção de impactos, facilidade de manuseio, durabilidade em condições climáticas adversas, resistência à compressão e impermeabilidade. É adequado para diversas aplicações, como blocos de enchimento de lajes, telhas, sistemas construtivos, concretos leves, fôrros, estabilização de solos, entre outras possibilidades (VIEIRA, 2022, p. 19-20).

2.3.2 Técnica Construtiva do ICF

O bloco ICF é constituído por dois painéis de EPS interligados por espaçadores. Esse bloco é preenchido com concreto autoadensável ou concreto usinado, resultando em uma estrutura monolítica de concreto armado. Esta estrutura substitui tanto os elementos estruturais convencionais quanto a vedação, proporcionando uma solução completa com isolamento térmico e acústico, fornecido pelo poliestireno expandido (VIEIRA, 2022, p. 21).

Os blocos de ICF podem variar em dimensões e composição, dependendo do fabricante. Eles podem ser compostos por placas de EPS unidas por espaçadores de aço galvanizado ou plástico (Figura 9), ou podem ser fôrmas em que tanto as placas quanto os espaçadores são feitos de EPS, formando um único elemento, como ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Fôrmas iFORMS



Fonte: Adaptado de VIEIRA, 2022, p. 27-28.

As fôrmas ICF são unidades modulares interligadas que se encaixam sem a necessidade de argamassa, semelhantes à montagem de tijolos de LEGO®. Elas são utilizadas na construção de paredes estruturais de concreto armado, eliminando a necessidade de vigas, pilares e alvenaria de vedação, isso ocorre por serem preenchidas com concreto e aço (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 7).

Os blocos de EPS têm a função de moldar o concreto fresco e resistir às pressões exercidas durante o processo de lançamento do concreto, mantendo a geometria da estrutura de forma precisa até que o concreto adquira resistência suficiente para sustentar-se por conta própria. Após essa etapa, as fôrmas permanecem no local, proporcionando propriedades termoacústicas à parede (VIEIRA, 2022, p. 21-22).

De acordo com a ARXX, empresa especializada na técnica construtiva, o sistema ICF é adequado para uma variedade de projetos, incluindo residenciais, comerciais, obras públicas e institucionais. Ele possibilita a construção de edifícios com até 05 pavimentos sem a necessidade de pilares ou vigas, e pode ser empregado em construções subterrâneas e em piscinas, devido à sua capacidade de oferecer estanqueidade e isolamento térmico. Os blocos de ICF são versáteis e podem ser aplicados em qualquer tipo de construção (ARXX BRASIL, 2021, p. 3).

Para uma compreensão mais completa do sistema em análise, a seguir, será detalhado suas etapas construtivas para um melhor entendimento do seu funcionamento.

2.3.2.1 Fundação

O sistema ICF é versátil e pode ser combinado com diferentes tipos de fundações para a execução de uma obra. No entanto, devido à sua característica autoportante, é recomendável o uso de fundações rasas, como radier e sapata corrida, uma vez que facilitam o posicionamento e a instalação das fôrmas (HIRAI, 2022, p. 17).

Ao realizar a fundação, é essencial estar atento ao esquadro, uma vez que os blocos de ICF são perfeitamente alinhados e esquadrejados, o que pode evidenciar possíveis defeitos da fundação durante a construção das paredes. Além disso, assegurar um nivelamento perfeito das fundações é igualmente importante para garantir o encaixe preciso dos blocos e evitar lacunas ou aberturas durante o seu assentamento (ARXX BRASIL, 2023, p. 40).

2.3.2.2 Marcação das paredes

Após a conclusão da fundação, inicia-se a marcação dos blocos na fundação (Figura 12a). Inicia-se pelos blocos de canto nos vértices do projeto e utilizando um giz de linha, faz-se a transferência da projeção da parede para a fundação, identificando os pontos de início e término. É fundamental certificar-se de marcar todas as aberturas, como portas, janelas e outros vãos, na base da parede selecionada (Figura 12b).

As barras de arranque podem ser fixadas na armadura da fundação antes da concretagem (formando um arranque em forma de "L") ou podem ser inseridas após a cura da fundação, mediante a execução de furos na base e o uso de cola química (adesivo estrutural) para ancoragem das barras na base (ARXX BRASIL, 2023, p. 42).

Para facilitar a colocação das barras verticais de aço após a montagem das fôrmas, é recomendável cortar anéis de tubo PVC com 40 mm de diâmetro e 5 cm de comprimento e posicioná-los nos arranques (Figura 12c). Essa prática ajuda a posicionar as barras de aço vertical alinhadas paralelamente aos arranques quando todas as fiadas estiverem montadas (ARXX BRASIL, 2023, p. 42).

Figura 12 – Marcação dos blocos na base, marcação das aberturas e fixação dos arranques.



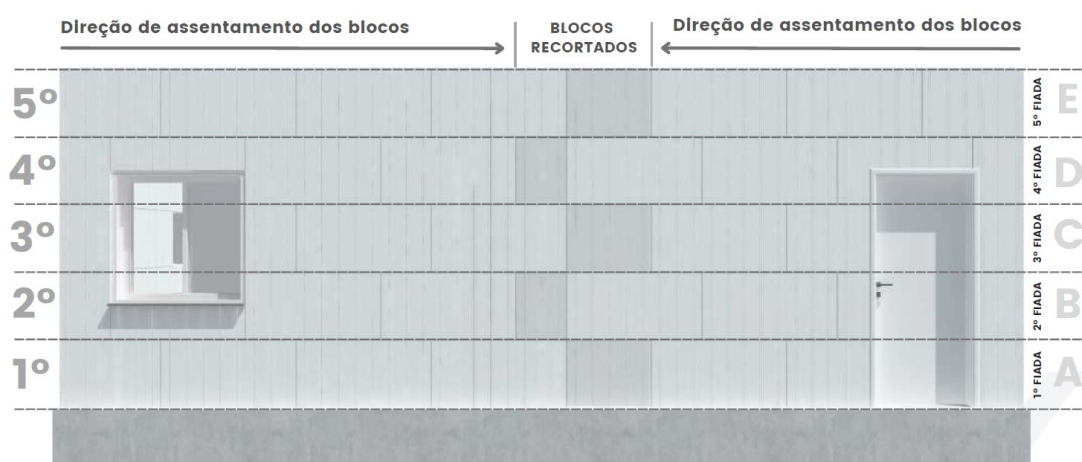
Fonte: Adaptado de ARXX BRASIL, 2023.

2.3.2.3 Assentamento das fôrmas

Na instalação da primeira fiada, os blocos são assentados diretamente sobre a fundação. O processo inicia-se pelos vértices da parede, utilizando os blocos de canto. Recomenda-se remover os encaixes (macho-fêmea) da parte inferior dos blocos que estarão em contato com a fundação.

A montagem dos blocos segue o mesmo padrão da alvenaria convencional, começando na primeira fiada (ímpar "A") pelos cantos e avançando em direção ao centro da parede, onde podem ser necessários recortes nos blocos (Figura 13). Na primeira fiada, é importante amarrar todos os blocos uns aos outros, utilizando arame recozido ou abraçadeira de nylon. Nas fiadas subsequentes, é necessário amarrar apenas os blocos que apresentam recortes e os blocos de canto (ARXX BRASIL, 2023, p. 43-44).

Figura 13 – Assentamento dos blocos

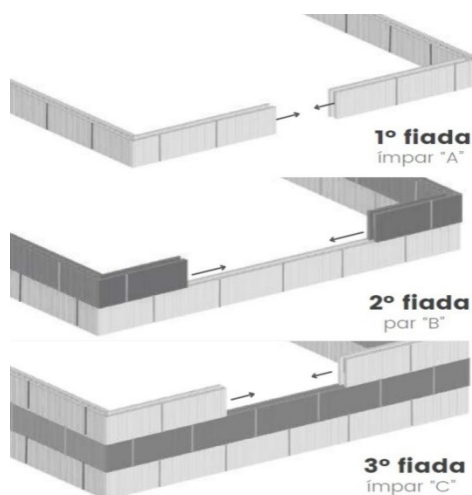


Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 43.

Após definir a primeira fiada, que será igual para todas as fiadas ímpares da parede, inicia-se a segunda fiada (par 'B'), que seguirá o mesmo padrão para todas as fiadas pares. O processo de assentamento continua iniciando pelos cantos da parede, porém, nesta etapa, os blocos de canto são invertidos para amarrar as fiadas. O bloco de canto possui um formato em 'L', que permite realizar o travamento das fôrmas, começando a segunda fiada pelo lado menor, onde na primeira fiada estava o lado maior, conforme ilustrado na Figura 14.

Durante a montagem, o aço horizontal é posicionado no interior das fôrmas e, após a montagem de toda a parede, inserem-se as barras de aço verticais nas direções dos arranques previamente posicionados. Além disso, a partir da terceira fiada de blocos, torna-se necessário fixar as escoras na parede (ARXX BRASIL, 2023, p. 44).

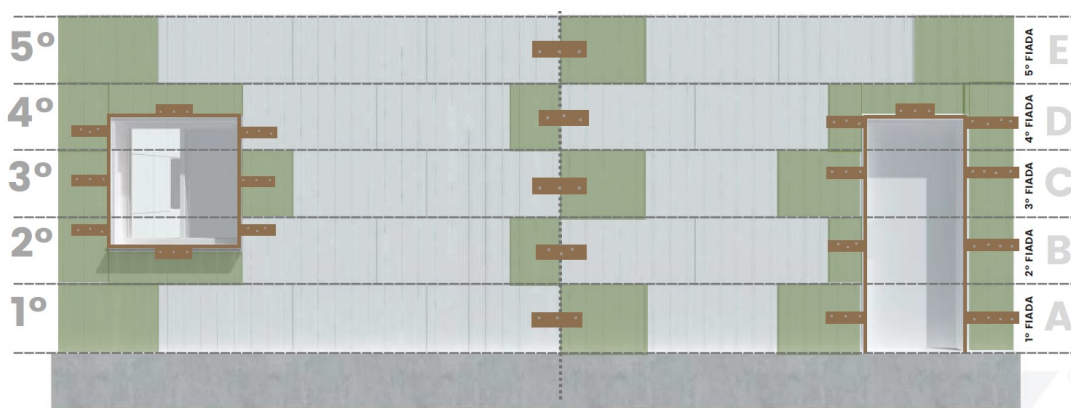
Figura 14 – Travamento das fôrmas



Fonte: Adaptado de ARXX BRASIL, 2023.

Sempre que houver a necessidade de efetuar recortes nos blocos, é de extrema importância reforçar suas emendas, uma vez que eles perdem o encaixe original. Para isso, é recomendável o uso de sobras de madeira disponíveis na obra, fixando-as com parafusos nos blocos. Quando a parede apresentar uma abertura, como uma porta ou janela, o recorte deve ser alinhado nessa direção, conforme ilustrado na Figura 15 (ARXX BRASIL, 2023, p. 45).

Figura 15 – Parede com recortes e reforços



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 45.

É possível realizar aberturas para portas e janelas de forma prática, utilizando ferramentas como fio quente, serrote ou faca de gesso para efetuar os recortes nas fôrmas. Para fechar as aberturas horizontais, recomenda-se reutilizar os recortes feitos anteriormente, que podem ser fixados com arames ou pregos (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 21).

2.3.2.4 Escoras

Com o objetivo de prevenir deslocamentos causados por colisões ou ação do vento, é realizada a instalação de escoras. A distância máxima entre essas escoras não deve exceder 2,10 metros, e elas devem ser posicionadas em todos os pontos vulneráveis e vértices das paredes, ou seguindo as orientações do projeto de escoramento, caso seja necessário na obra (ARXX BRASIL, 2023, p. 47). Isso também é importante para garantir a estabilidade necessária para receber o concreto e manter o alinhamento correto (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 22).

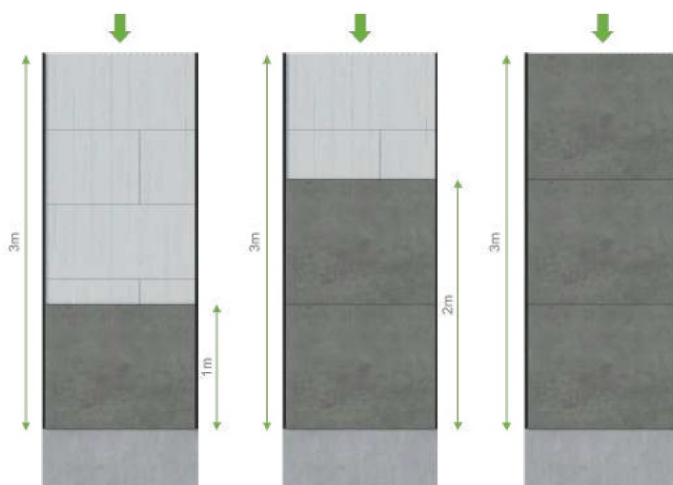
2.3.2.5 Concretagem

Antes da concretagem, é fundamental realizar verificações específicas para garantir a qualidade da obra. Isso inclui verificar o alinhamento e o prumo das paredes, permitindo correções, se necessário. Além disso, o *Slump Test* é essencial para assegurar a fluidez adequada do concreto, que deve manter valores em torno de 12 (+/-2)cm .

Recomenda-se o uso de concreto usinado fornecido por uma concreteira, garantindo maior qualidade e produtividade. No entanto, se isso não for possível, pode-se preparar o material no canteiro de obras, seguindo as normas e especificações. O principal objetivo é atender ao dimensionamento do projeto e garantir a fluidez necessária, evitando vazios nas paredes e esforços excessivos nas fôrmas durante o preenchimento. Se o preenchimento for realizado por bombeamento, é essencial certificar-se de que a bomba possua ajustes para baixas vazões, evitando problemas.

Para garantir a integridade das paredes, é importante preenchê-las em uma única concretagem, dividida em três etapas (Figura 16). Isso envolve percorrer o perímetro das paredes três vezes durante o processo de preenchimento, evitando a formação de esforços concentrados nas primeiras fiadas da parede, que podem causar deformações (ARXX BRASIL, 2023, p. 48-49).

Figura 16 – Etapas de concretagem com preenchimento em terços



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 49.

Após a conclusão da concretagem, é fundamental verificar e ajustar o prumo das paredes, pois ainda é possível fazer correções antes do concreto endurecer completamente. Além disso, é recomendável lavar as áreas onde o concreto escorreu para facilitar as próximas etapas da construção (ARXX BRASIL, 2023, p. 49).

Recomenda-se que a vibração seja realizada durante a concretagem com o auxílio de uma lixadeira orbital em contato com a face do bloco. É essencial ajustar adequadamente a intensidade e a duração da vibração para eliminar bolhas de ar e prevenir a formação de vazios. Excessos ou deficiências na força e no tempo de vibração podem comprometer a qualidade do concreto. Outra alternativa é utilizar um vibrador de imersão com uma agulha de diâmetro máximo de 30 mm, mas deve-se ter cuidado, pois este aumenta a pressão do concreto nas fôrmas (ARXX BRASIL, 2023, p. 50).

2.3.2.6 Preparação para a laje

Com as paredes de ICF, é possível economizar na compra de madeira para as fôrmas de lajes, bem como no trabalho de executá-las. A solução consiste em recortar uma faixa com a largura correspondente à espessura da laje no lado interno dos blocos da última fiada, e a face externa servirá como caixaria (Figura 17). Isso permitirá apoiar as vigotas nos blocos, montar a estrutura da laje, posicionar a armadura e fazer o escoramento necessário. Em seguida, realiza-se a concretagem da laje (ARXX BRASIL, 2023, p. 51).

Figura 17 – Preparação para laje



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 51.

2.3.2.7 Instalações elétricas e hidrossanitárias

No sistema ICF, as instalações elétricas e hidrossanitárias são realizadas após a concretagem das paredes, como indicado na Figura 18. Os cortes necessários são feitos diretamente na face dos blocos, utilizando ferramentas adequadas, como facas quentes, serrotes de poda e serras, que proporcionam precisão e eficiência no processo (ARXX BRASIL, 2023, p. 53).

Figura 18 – Instalações elétricas e hidrossanitárias



Fonte: ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 30.

Quando o diâmetro das tubulações excede a espessura da face de EPS dos blocos, é viável fazer recortes no EPS para acomodar parte da tubulação no interior da fôrma antes da concretagem. Nos casos em que requerem essa abordagem, é importante reforçar a área onde

o EPS foi removido, utilizando uma fôrma de madeira compensada, conforme exemplificado na Figura 19 (ARXX BRASIL, 2023, p. 54).

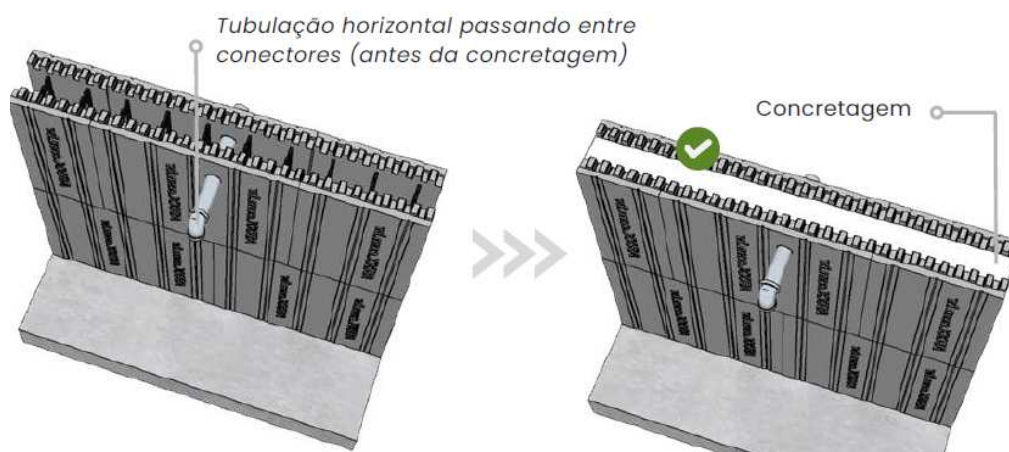
Figura 19 – Instalação hidrossanitária com reforço de fôrma.



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 54.

Para criar passagens de tubulações através das paredes, é possível realizar perfurações transversais nos blocos utilizando ferramentas como serras-copo. Essas perfurações devem ser efetuadas antes da concretagem (Figura 20), evitando a necessidade de quebrar a parede após a conclusão da concretagem para realizar as devidas adaptações (ARXX BRASIL, 2023, p. 55).

Figura 20 – Passagem de tubulações através das paredes.



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 55.

2.3.2.8 Impermeabilização

Antes da aplicação dos revestimentos nas paredes, é necessário lembrar que pontos suscetíveis a acúmulo de água devem ser devidamente impermeabilizados com mantas ou materiais similares. O uso de impermeabilizantes à base de água é fundamental, uma vez que o EPS não deve entrar em contato com produtos derivados do petróleo. No caso da aplicação de manta asfáltica a quente, é imprescindível aplicar uma camada de argamassa como base ou remover o EPS da região a ser impermeabilizada, recolocando-o após a aplicação.

As situações mais comuns que requerem a impermeabilização são: o encontro do bloco com a laje de cobertura (especialmente em áreas descobertas); blocos em contato direto com o solo, como em contenções, solos, piscinas, etc; e áreas sujeitas à umidade, como cozinhas, banheiros, sacadas, áreas de serviço, entre outras (ARXX BRASIL, 2023, p. 56).

2.3.2.9 Acabamento

Na fase de revestimento das paredes de EPS, a versatilidade desse material se destaca, permitindo a aplicação de diversos tipos de revestimentos, como argamassa, acrílico e até fixações de marcenaria e acartonados com parafusos. A aderência, facilidade de aplicação e economia de materiais e serviços, são os principais benefícios dessa etapa da construção.

Independentemente do tipo de revestimento escolhido, é essencial certificar-se de que a superfície da parede esteja limpa e seca antes da aplicação (ARXX BRASIL, 2023, p. 58). A seguir, são apresentados os revestimentos mais comuns em construções com ICF.

Para o revestimento tradicional com argamassa, a aplicação de chapisco é fundamental, servindo como ponte de aderência para o reboco (Figura 21). É recomendável utilizar um adesivo acrílico para otimizar a aderência. Além disso, para uma aplicação eficiente do chapisco, é aconselhável o uso de um compressor de ar e uma pistola projetora.

O revestimento externo com reboco segue o processo convencional, com uma espessura variando de 15 mm a 20 mm e a incorporação de um aditivo na composição do traço para melhor desempenho. Para o revestimento interno, é possível optar pela argamassa de gesso ou aplicar placas de gesso diretamente sobre as fôrmas, utilizando uma cola especial (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 32-33).

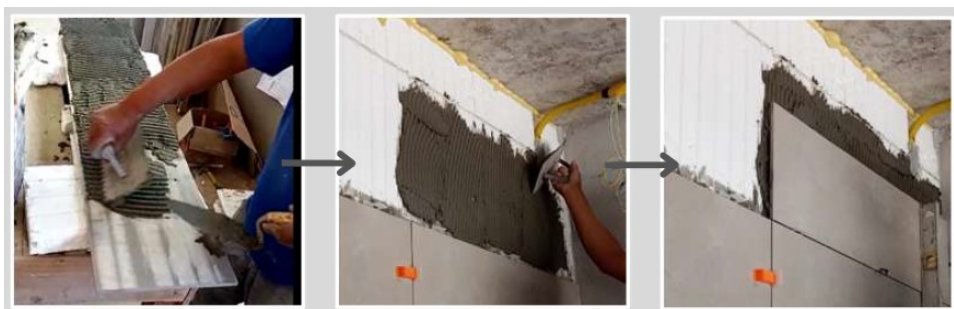
Figura 21 – Chapisco e reboco em parede ICF.



Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2022, p. 44.

Em relação ao revestimento cerâmico, este pode ser aplicado diretamente nas fôrmas, utilizando argamassa ACIII em ambas as superfícies, conforme ilustrado na Figura 22 (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 33).

Figura 22 – Revestimento cerâmico em parede ICF.



Fonte: ARXX BRASIL, 2023, p. 60.

É importante destacar que as etapas construtivas podem apresentar variações conforme o fornecedor das fôrmas de ICF. Portanto, é fundamental que o construtor siga rigorosamente as orientações e instruções fornecidas pelos fabricantes para garantir um resultado final de alta qualidade nas construções.

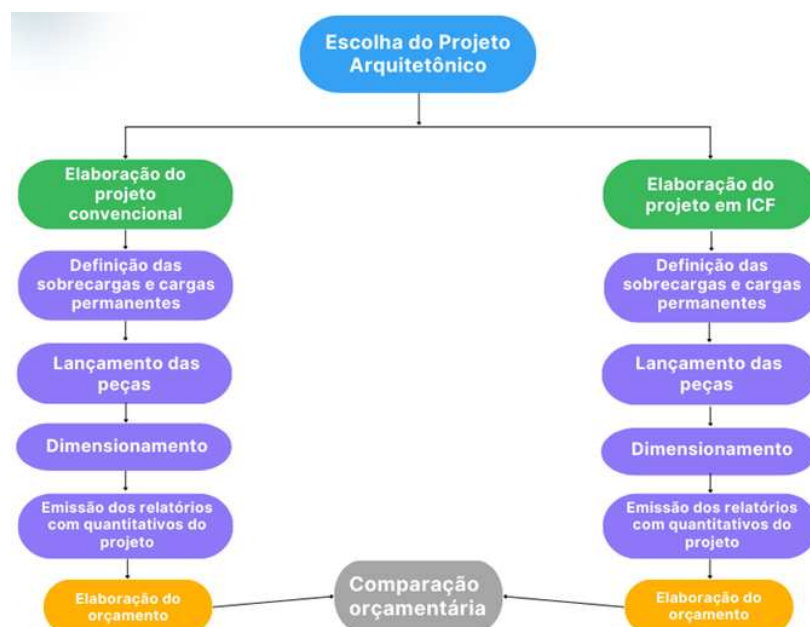
3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram elaborados projetos estruturais e seus respectivos orçamentos para um sobrado de alto padrão, considerando dois sistemas construtivos: o sistema construtivo convencional e o sistema de paredes de concreto armado com fôrmas de EPS (*Insulated Concrete Forms* - ICF). Para essa finalidade, utilizou-se o *software* CypeCad® e a plataforma *online* Orçafascio®. Essas atividades foram realizadas com o propósito de obter os quantitativos necessários para a elaboração dos orçamentos e os dados orçamentários, que serviram como base para a análise comparativa dos custos dos sistemas.

Para isso, inicialmente, realizaram-se pesquisas bibliográficas para se obter um melhor embasamento acerca do assunto estudado, o que foi fundamental para a elaboração do referencial teórico, para a concepção dos projetos e para a realização deste trabalho. Em sequência, realizou-se um estudo de caso, no qual foram desenvolvidos os projetos estruturais, feito o levantamento dos quantitativos das estruturas e elaborado o orçamento de ambos os sistemas. Estas etapas foram realizadas com o intuito de atingir os objetivos propostos, pois por meio destas tornou-se possível identificar qual sistema possui custo mais elevado, como também explorar os métodos construtivos, compreender as etapas construtivas e as particularidade do sistema ICF, suas vantagens e desvantagens.

Em síntese, a pesquisa seguiu as seguintes etapas em seu desenvolvimento:

Figura 23 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

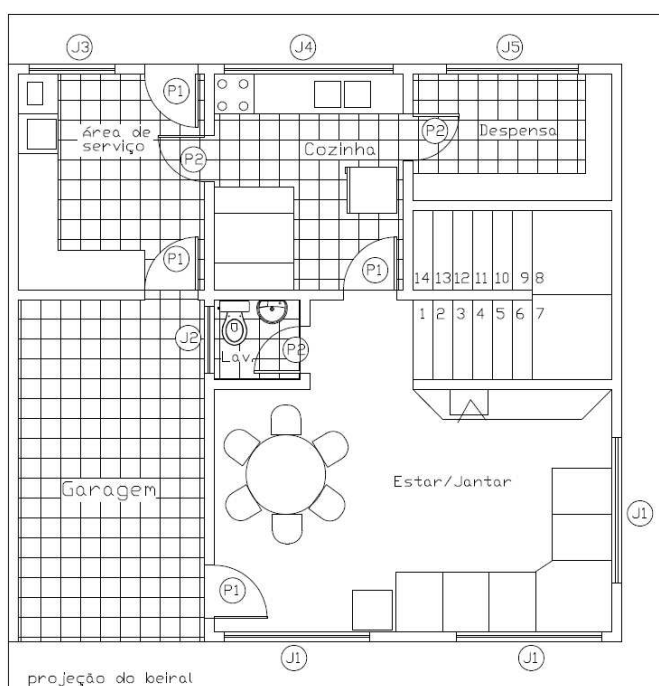
3.1 Caracterização da edificação de estudo

O empreendimento em estudo é caracterizado como um sobrado unifamiliar de alto padrão, com uma área construída total de 160,95m², que será construído, hipoteticamente, no município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. O projeto arquitetônico deste sobrado foi adquirido na plataforma *online* Aditivocad.com⁷, a qual não impõe restrições quanto à utilização dos projetos disponíveis para *download*.

A escolha do projeto foi embasada considerando as orientações dos fabricantes de fôrmas ICF, os quais indicam que em empreendimentos com mais de cinco pavimentos, é recomendado a adoção do sistema de pilares e vigas em conjunto com as fôrmas. Optar por um sobrado permitiu a utilização das fôrmas sem a necessidade de pilares e vigas, tornando o projeto tecnicamente viável ao estudo.

A edificação é dividida em dois pavimentos, sendo o primeiro pavimento composto por garagem, sala de estar/jantar, lavabo, área de serviço, cozinha e despensa. Este pavimento possui uma área total de 80,475m² (Figura 24). O segundo pavimento é composto por dois dormitórios, um banheiro, um hall de distribuição e uma suíte com closet e banheiro. O pavimento superior tem uma área total de 80,475m² (Figura 25).

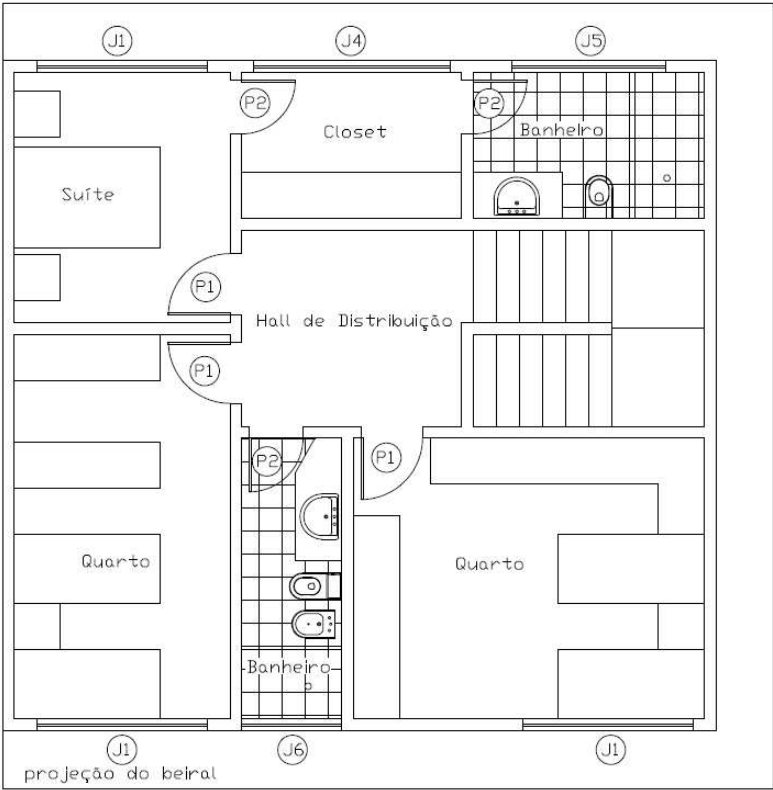
Figura 24 – Planta baixa do pavimento térreo.



Fonte: Elaborado pela autora a partir do projeto arquitetônico, 2023.

⁷ Disponível em: https://www.aditivocad.com/projetos-autocad.php?dwg=sobrado_arquitetura_160m2. Acesso em: 25 jul. 2023.

Figura 25 – Planta baixa do pavimento superior.



Fonte: Elaborado pela autora a partir do projeto arquitetônico, 2023.

A Tabela 1 apresenta os diferentes ambientes, suas áreas correspondentes e as dimensões das esquadrias utilizadas no projeto arquitetônico supracitado.

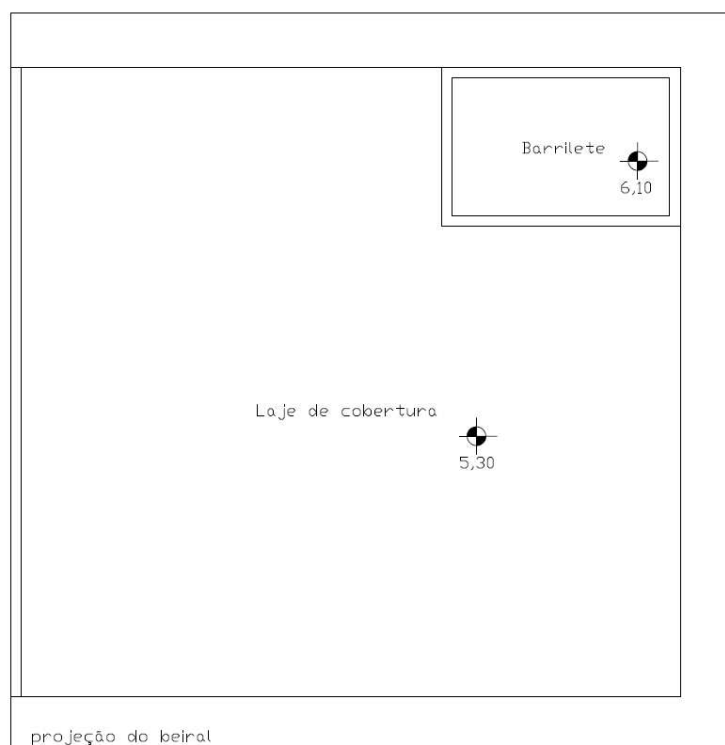
Tabela 1 – Distribuição de áreas e esquadrias.

Ambiente	Área (m²)	Ambiente	Área (m²)	Esquadria	Dimensão (m)
Térreo		Superior		P1	0.80x2,10
Garagem	14.42	Dormitório 1	14.00	P2	0.70x2,10
Estar/jantar	21.90	Dormitório 2	16.60	J1	2.20x1.20x0.90
Lavabo	1.56	Banheiro	4.75	J2	0.90x0.60x1.50
Serviço	9.10	Hall	7.40	J3	1.30x0.90x1.20
Cozinha	9.30	Suíte	9.10	J4	2.55x0.90x1.20
Despensa	5.70	Closet	5.42	J5	2.00x0.90x1.20
		Banheiro/suíte	5.70	J6	1.30x0.60x1.50

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Foi necessário realizar uma adaptação no projeto arquitetônico original, uma vez que este não apresentava um barrilete. Assim, foi incluído ao projeto um barrilete localizado a uma distância de 0,80 m do pavimento superior, conforme demonstrado na Figura 26, acima do banheiro da suíte.

Figura 26 – Planta baixa do barrilete.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.2 Etapas para elaboração do projeto convencional em concreto armado

O dimensionamento da estrutura convencional foi realizado de acordo com a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto-Procedimento, utilizando o *software* Cypecad®. Como o objetivo principal deste estudo é a comparação orçamentária entre os dois sistemas construtivos, não serão apresentados em detalhes às considerações de cálculos de dimensionamento e a concepção estrutural adotados para o desenvolvimento do projeto.

3.2.1 Considerações de carga

As cargas utilizadas nos projetos seguiram as diretrizes estabelecidas pela NBR 6120/2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações, e adicionalmente, foram incluídas cargas com valores estipulados em conformidade com os orientadores da pesquisa.

Para o piso do barrilete, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Sobrecarga

Cobertura com acesso apenas para manutenção ou inspeção, com uma sobrecarga de $SCU = 0,1 \text{ t/m}^2$ (conforme NBR 6120/2019).

- Carga permanente

Telhado com telhas cerâmicas e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$, com uma carga permanente de $CT = 0,07 \text{ t/m}^2$ (NBR 6120/2019); instalações hidráulicas, com carga permanente de $CT = 0,01 \text{ t/m}^2$ (valor estipulado); totalizando $CP = 0,08 \text{ t/m}^2$.

- Lançamento de carga referente ao reservatório de água

Dado que a obra é uma construção residencial de alto padrão, com um consumo de água diário de 200 litros/dia per capita, e considerando uma taxa de ocupação de 2 pessoas por dormitório para uma residência de 3 dormitórios, o volume de água necessário corresponde à:

$$v = 200 * 2 * 3 \rightarrow v = 1.200 \text{ litros}$$

Assim, foi utilizado um reservatório de água com capacidade de 1.500 litros, correspondendo a uma carga de $1,5 \text{ t/m}^2$.

Para o piso de cobertura, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Sobrecarga

Cobertura com acesso apenas para manutenção ou inspeção, com uma sobrecarga de $SCU = 0,1 \text{ t/m}^2$ (NBR 6120/2019).

- Carga permanente

Telhado com telhas cerâmicas e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$, com carga permanente de $CT = 0,07 \text{ t/m}^2$; forro de gesso em placa com estrutura de suporte, com carga permanente de $CT = 0,015 \text{ t/m}^2$ (NBR 6120/2019); instalações hidráulicas e elétricas, com carga permanente de $CT = 0,015 \text{ t/m}^2$ (valor estipulado), totalizando $CP = 0,1 \text{ t/m}^2$.

Para o piso do pavimento superior, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Sobrecarga

Edifícios residenciais com dormitórios e sanitários, com uma sobrecarga de $SCU = 0,15 \text{ t/m}^2$ (NBR 6120/2019).

- Carga permanente

Camada de nivelamento com espessura de 2 cm, com carga permanente de $CT = 0,04 \text{ t/m}^2$; porcelanato com argamassa colante, com carga permanente de $CT = 0,05 \text{ t/m}^2$ (valor estipulado); forro de gesso em placa com estrutura de suporte, com carga permanente de $CT = 0,015 \text{ t/m}^2$ (NBR 6120/2019); instalações hidráulicas e elétricas, com carga permanente de $CT = 0,015 \text{ t/m}^2$ (valor estipulado), totalizando $CP = 0,12 \text{ t/m}^2$.

Para o piso do pavimento térreo, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Sobrecarga

Edifícios residenciais com despensa e área de serviço, com uma sobrecarga de SCU = 0,2 t/m² (NBR 6120/2019).

- Carga permanente

Porcelanato com argamassa colante, com carga permanente de CT = 0,05 t/m²; instalações hidráulicas, com carga permanente de CT = 0,01 t/m² (valor estipulado), totalizando CP = 0,06 t/m².

Para a escada, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Sobrecarga

Escada em residências sem acesso ao público em geral, com uma sobrecarga de SCU=0,25 t/m² (NBR 6120/2019).

- Carga permanente

Revestimento em porcelanato e argamassa colante, com carga permanente de CT = 0,05 t/m²; guarda-corpo com vidro de 8 mm de espessura, densidade do vidro de 2,5 t/m³ e altura do guarda-corpo de 1,20 m, resultando em Qb = 0,024 t/m.

$$Qb = 0,008 * 2,5 * 1,2 \rightarrow Qb = 0,024 \text{ t/m}$$

Considerando a estrutura de suporte do guarda-corpo, foi utilizado um valor de Qb = 0,03 t/m.

Para o carregamento nas vigas, foram consideradas as cargas distribuídas linearmente da alvenaria de vedação, assumindo os seguintes valores:

- Alvenaria de vedação

Densidade da alvenaria de 1,3 t/m³, altura da alvenaria variável de acordo com o projeto arquitetônico e altura das vigas e espessura da alvenaria de vedação de 0,15 m.

$$carga = 1,3 * h * 0,15 \rightarrow carga = 0,195 * h \text{ t/m}$$

Por fim, a sobrecarga do vento foi configurada no *software* conforme a NBR 6123/1988, considerando uma velocidade básica do vento de 30 m/s.

Após a definição dos carregamentos que atuam sobre a estrutura, realizou-se o lançamento das peças estruturais, como pilares, vigas, lajes e fundação. Em seguida, o *software* dimensionou essas peças em conformidade com a NBR 6118/2014. E para concluir, foram emitidos os relatórios referentes à quantidade de materiais necessários para a execução do projeto, com o objetivo de obter os dados quantitativos essenciais para a elaboração do orçamento.

3.3 Etapas para elaboração do projeto em ICF

Por se tratar de uma técnica construtiva que ainda não é amplamente difundida na indústria da construção civil e que carece de normas técnicas específicas para sua aplicação, foi utilizado como referência o manual técnico desenvolvido pela empresa ARXX®.

Conforme as diretrizes estabelecidas pelo referido manual, o projeto estrutural com fôrmas de ICF deve ser concebido seguindo as premissas definidas em todas as Normas Brasileiras que abrangem os processos de construção de paredes de concreto armado. Estas normas incluem a NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto, a NBR 16055 – Paredes de Concreto Moldadas no Local para Edificações e a NBR 6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações.

Dadas às características do método construtivo, ele se assemelha ao método de parede de concreto moldada no local, já que ambos os sistemas resultam na formação de elementos monolíticos de concreto armado, produzidos com o auxílio de fôrmas. Portanto, o projeto estrutural em ICF foi desenvolvido como paredes de concreto armado utilizando o *software* Cypecad®, conforme recomendado pelo manual técnico da ARXX®.

3.3.1 Considerações de carga

Por se tratar do mesmo projeto arquitetônico, os mesmos carregamentos foram considerados. No entanto, devido ao sistema construtivo ICF, que elimina a necessidade de pilares, vigas e alvenaria de vedação, não foi necessário aplicar os carregamentos distribuídos linearmente nas vigas relacionados à alvenaria de vedação, conforme previsto nas considerações de carga do projeto com estrutura convencional.

Após a definição dos carregamentos que atuam sobre a estrutura, realizou-se o lançamento das peças estruturais, as paredes de concreto armado e a fundação. Em seguida, o *software* dimensionou essas peças em conformidade com a NBR 6118/2014 e a NBR 16055/2012. E para concluir, foram emitidos os relatórios referentes à quantidade de materiais necessários para a execução do projeto, com o objetivo de obter os dados quantitativos essenciais para a elaboração do orçamento.

3.4 Orçamento

Para o desenvolvimento dos orçamentos, utilizou-se a plataforma *online* OrçaFascio®, e as composições de custos foram obtidas a partir de bancos de dados do estado do Rio Grande do Norte, com data-base referente ao mês de agosto de 2023. Esses bancos incluem o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e o SBC (Sociedade Brasileira de Computação). Além desses, foi necessário recorrer ao banco de dados ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe) do estado de Sergipe, já que não foi possível encontrar alguns itens compatíveis com as descrições dos projetos nos bancos SINAPI e SBC.

Uma vez que a elaboração dos orçamentos tem como único objetivo a comparação entre os métodos, optou-se por encargos sociais desonerados, ou seja, não foram levados em conta os encargos sociais referentes à contribuição de 20% de INSS. Além disso, o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), que é um fator de correção para incorporar custos indiretos no orçamento, não foi incluído nos orçamentos.

Para o desenvolvimento do orçamento, foi necessário realizar o levantamento quantitativo de materiais e serviços. Para o projeto estrutural convencional, foram utilizados os dados do relatório Quantidade da Obra e Quantidades de armadura, por diâmetro, disponíveis para consulta no Apêndice A. Para o orçamento do projeto estrutural em ICF, foram utilizados os dados dos mesmos relatórios referentes ao projeto em ICF, disponíveis no Apêndice B, provenientes do Cypecad®.

No entanto, dado que a técnica construtiva é pouco difundida, não foi possível encontrar composições de custos relacionadas às fôrmas ICF nos bancos de dados do OrçaFascio®. Portanto, o custo adotado para as fôrmas de EPS foi obtido por meio de cotação, realizada no mês de agosto, junto à empresa fabricante da iFORMS, a ICF Construtora Inteligente. É importante ressaltar que essa cotação inclui apenas o custo unitário das fôrmas, não abrangendo os custos de transporte e mão de obra necessários para a montagem das fôrmas.

No que diz respeito à quantidade de concreto necessária para o projeto em ICF, foram utilizados os consumos disponibilizados pela empresa, que correspondem a 0,038 m³/m² para as paredes de vedação e 0,072 m³/m² para as paredes estruturais. Optou-se por não utilizar o volume de concreto constante no relatório Quantidade de Obra, uma vez que o projeto foi dimensionado como paredes de concreto armado, o que não leva em consideração as áreas das fôrmas compostas por EPS, o que resultaria em uma quantidade de concreto superdimensionada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Projeto estrutural convencional em concreto armado

4.1.1 Fundação

Dado que as informações sobre o solo do terreno não são conhecidas, considerou-se que se trata de um solo areia-argilosa, no qual a fundação pode ser assentada nas camadas superficiais do terreno e que apresenta uma tensão admissível de 2,708 Kgf/cm² (valor estipulado). Portanto, o tipo de fundação escolhido foi a sapata quadrada, com cota de assentamento em -1,40 m. As sapatas são do tipo moldadas in loco, com dimensões 80x80x30 cm ou 100x100x30 cm, utilizando fôrmas de madeira e armadas com barras de aço de 10 e 12,5 mm de diâmetro, com concreto de $f_{ck} = 20$ MPa.

4.1.2 Superestrutura

A superestrutura é composta por:

- Pilares:

15 pilares do tipo moldado in loco, com dimensões de 15x25 cm, utilizando fôrmas de madeira, armados com 4 barras de aço 10 mm ou 4 barras de 12,5 mm de diâmetro, com concreto de $f_{ck} = 25$ MPa.

- Vigas:

Do tipo moldada in loco, com dimensões variando de 15x25 cm, 15x30 cm e 15x40 cm, dependendo do tamanho do vão, utilizando fôrmas de madeira, armadas com barras de aço variando de 8 a 12,5 mm de diâmetro, com concreto $f_{ck} = 25$ MPa.

- Lajes:

Moldada in loco, do tipo treliçada com bloco de enchimentos de EPS com 8 cm de altura e uma camada de compressão de 4 cm, totalizando 12 cm de altura, com concreto $f_{ck} = 25$ MPa, armadas com barras de aço variando de 5 a 10 mm de diâmetro. É importante ressaltar que, em dois dos panos de laje, foi necessário aumentar a altura dos blocos de enchimento para 10 cm, devido à necessidade de reforços adicionais.

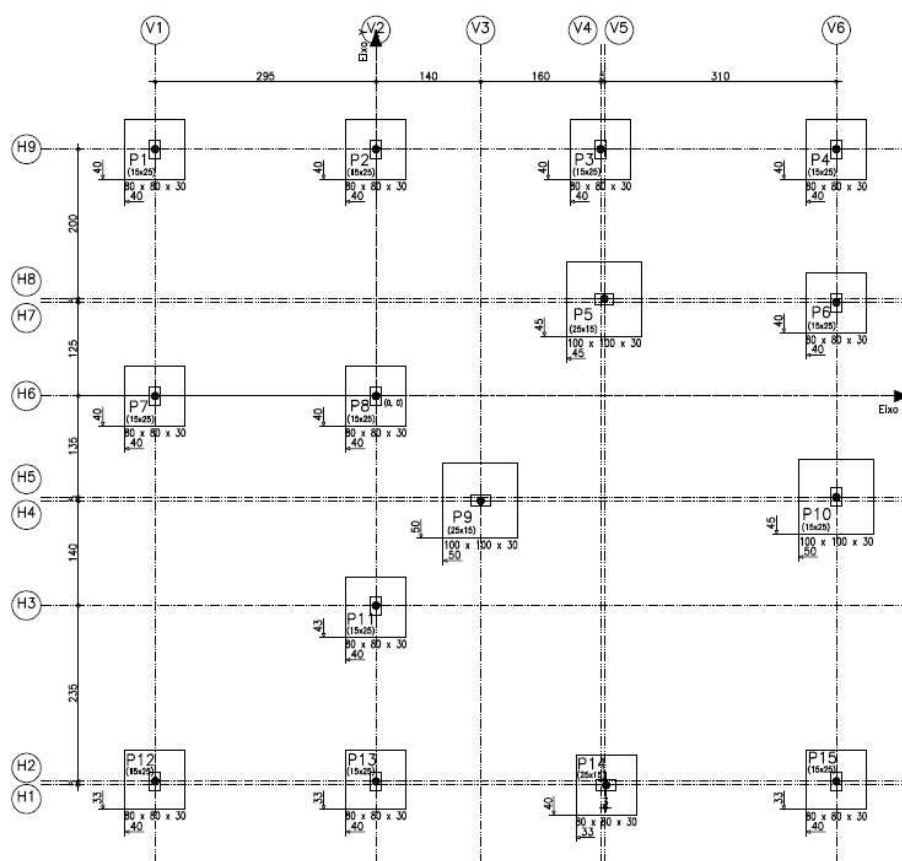
4.1.3 Alvenaria de vedação

A alvenaria de vedação com tijolos cerâmicos de 8 furos, com dimensões de 9x19x19 cm, utilizando uma espessura de argamassa de assentamento de 10 mm e uma espessura de revestimento de 30 mm para as faces internas e externas, totalizando em uma parede com espessura final de 15 cm.

Em conformidade com a NBR 8545/1984 – Execução de Alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos, estabelece-se que sobre os vãos de portas e janelas devem ser moldadas ou colocadas vergas e sob o vão da janela contravergas. A norma também determina que as vergas e contravergas devem exceder a largura do vão em pelo menos 20 cm de cada lado, com uma altura mínima de 10 cm. Assim, no projeto em questão, foram incluídas vergas e contravergas do tipo moldada in loco, seguindo às diretrizes estabelecidas pela norma em referência.

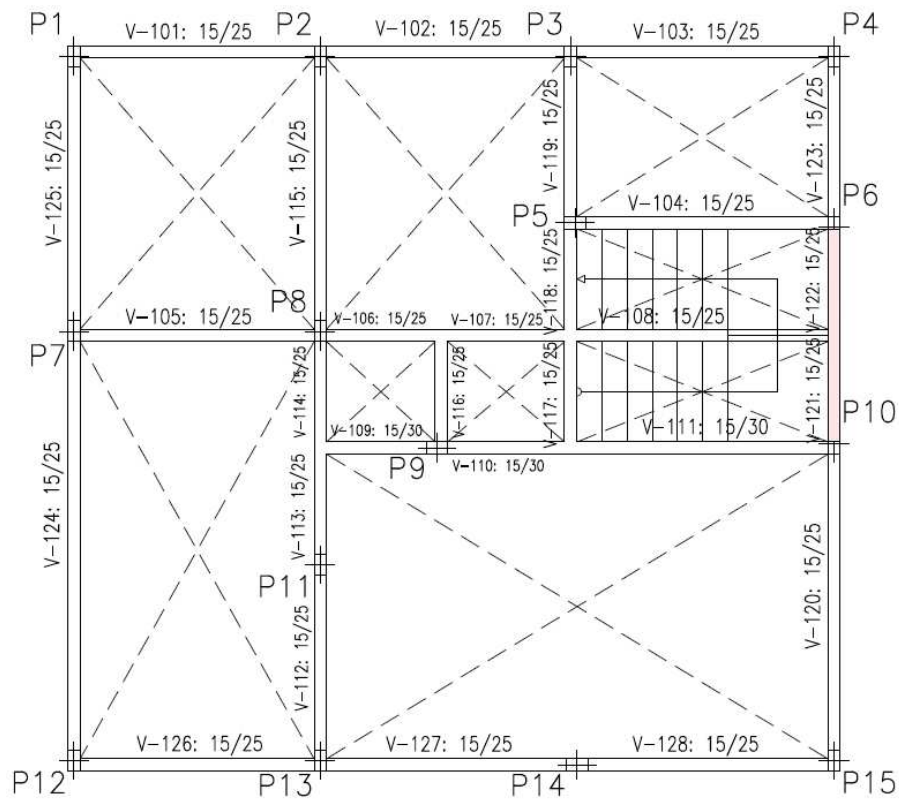
A seguir, apresentam-se imagens do projeto desenvolvido:

Figura 27 – Planta de Fôrmas: Fundação.



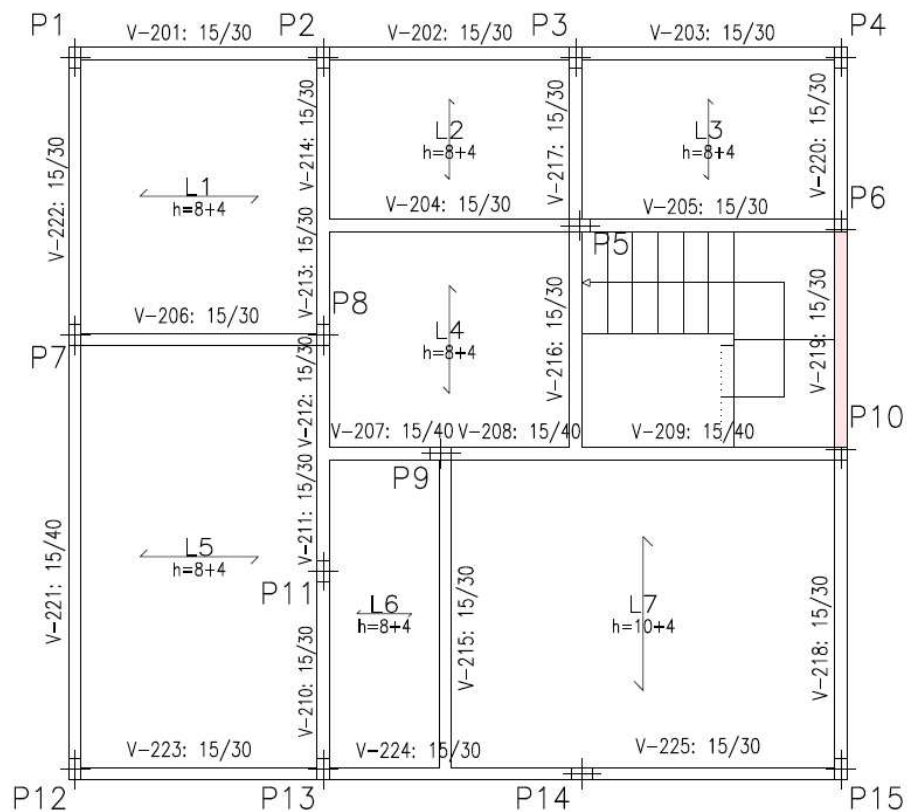
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 28 – Planta de Fôrmas: Pavimento Térreo (pilares e vigas baldrame).



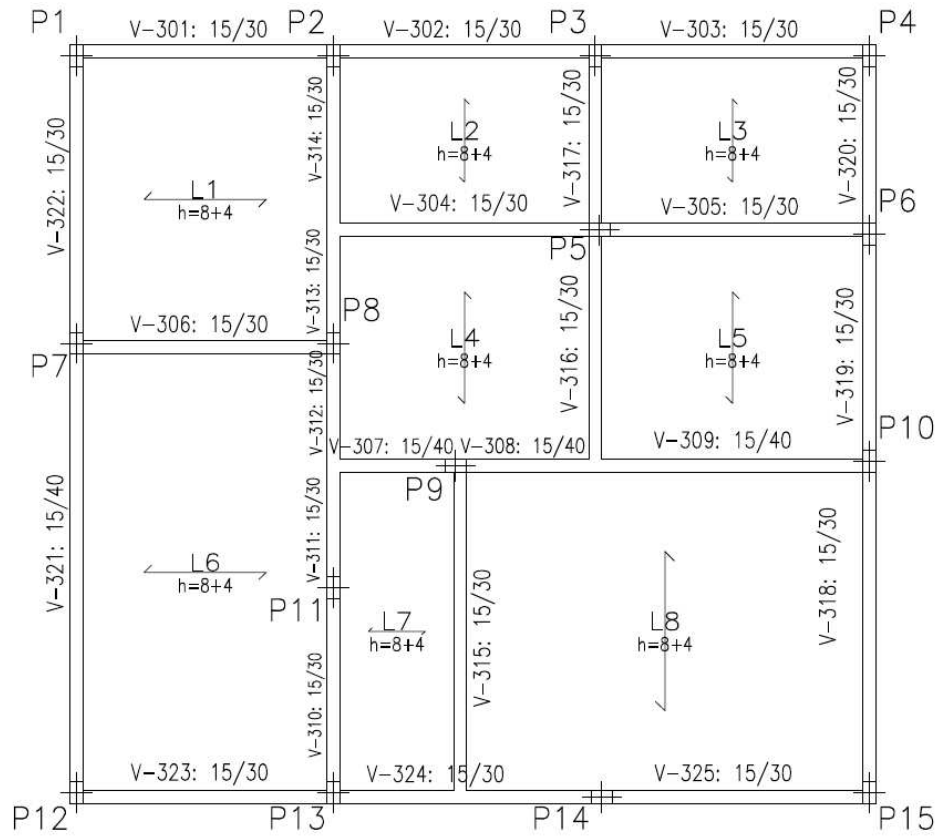
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 29 – Planta de Fôrmas: Pavimento Superior (pilares, vigas e lajes).



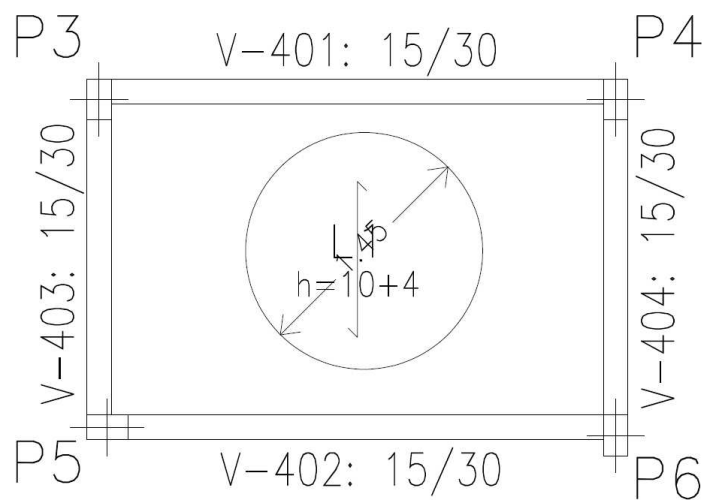
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 30 – Planta de Fôrmas: Cobertura (pilares, vigas e lajes).



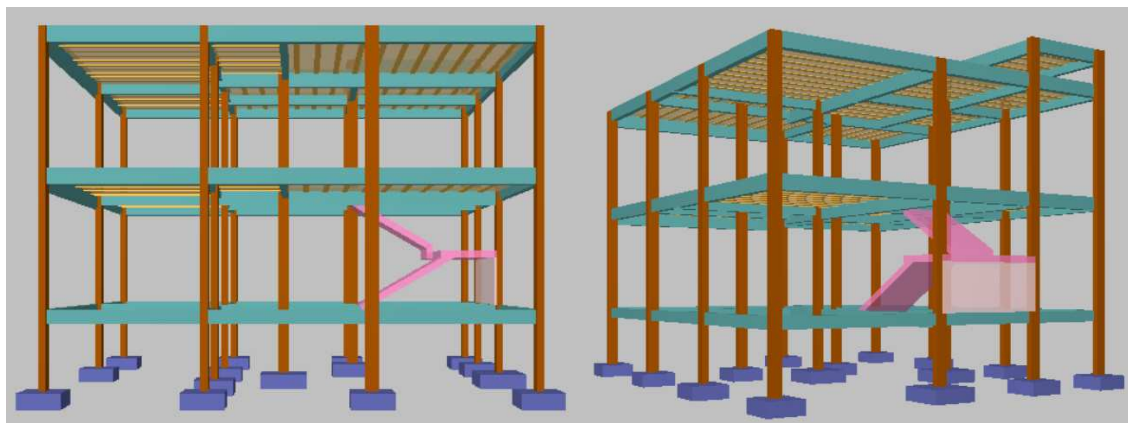
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 31 – Planta de Fôrmas: Barrilete (pilares, vigas e lajes).



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 32 – Projeto estrutural em 3D.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.2 Projeto estrutural em ICF

4.2.1 Fundação

Para a definição do tipo de fundação, foram considerados os mesmos critérios do projeto de estrutura convencional em relação às características do solo do terreno. Conforme as recomendações dos fabricantes das fôrmas de EPS, mencionadas na seção 2.3.2.2 deste trabalho, optou-se pelo uso de sapatas corridas. As sapatas são do tipo moldadas in loco, com dimensões de 60 cm ou 70 cm de largura e 30 cm de altura, ao longo de todo o perímetro das paredes, utilizando fôrmas de madeira e armadas com barras de aço 12,5 mm de diâmetro, com concreto de $f_{ck} = 20$ MPa.

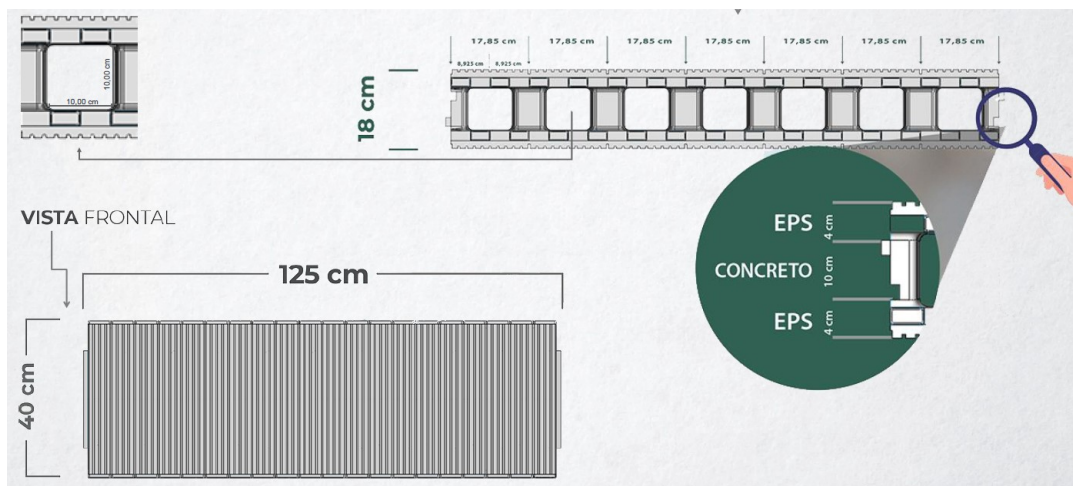
4.2.2 Superestrutura/Alvenaria

Na superestrutura, foram utilizadas as fôrmas de EPS que desempenham funções estruturais e de vedação. Para este projeto, utilizamos as fôrmas iFORMS fornecidas pela ICF Construtora Inteligente, com as seguintes características:

- iFORMS – Fôrma de 18:

Utilizadas nas paredes estruturais, armadas com barras de aço $\phi 8$ mm na vertical, com espaçamento de 36 cm e barras de $\phi 8$ mm de diâmetro na horizontal, com espaçamento de 40 cm, preenchidas com concreto de $f_{ck} = 25$ MPa, com dimensões de 125x40 cm, conforme mostra a Figura 33.

Figura 33 – Fôrma de 18.

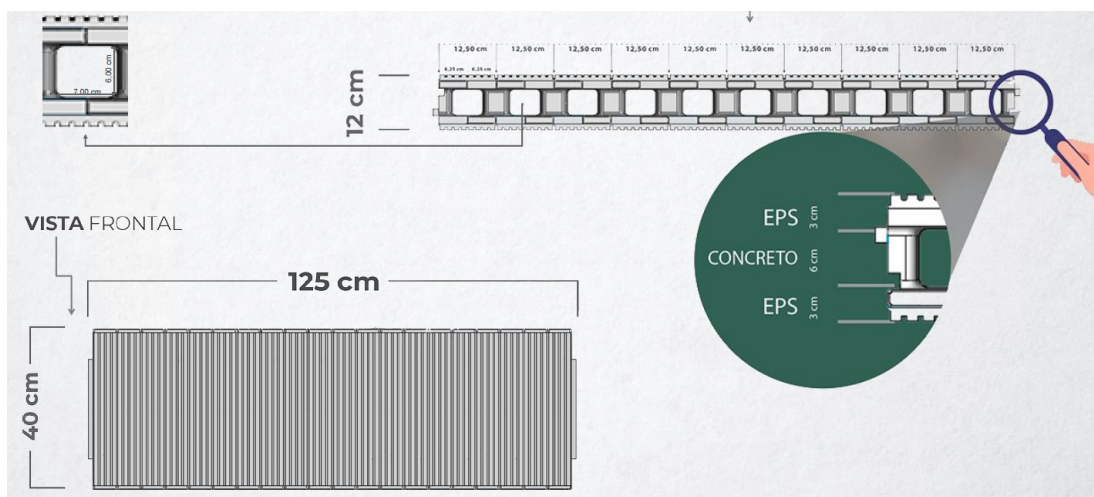


Fonte: ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 9.

- iFORMS – Fôrma de 12:

Utilizadas nas paredes de vedação, armadas com barras de aço ϕ 6,3 mm na vertical, com espaçamento de 25 cm e barras de ϕ 6,3 mm de diâmetro na horizontal, com espaçamento de 40 cm, preenchidas com concreto de $f_{ck} = 25$ MPa, com dimensões de 125x40 cm, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34 – Fôrma de 12.

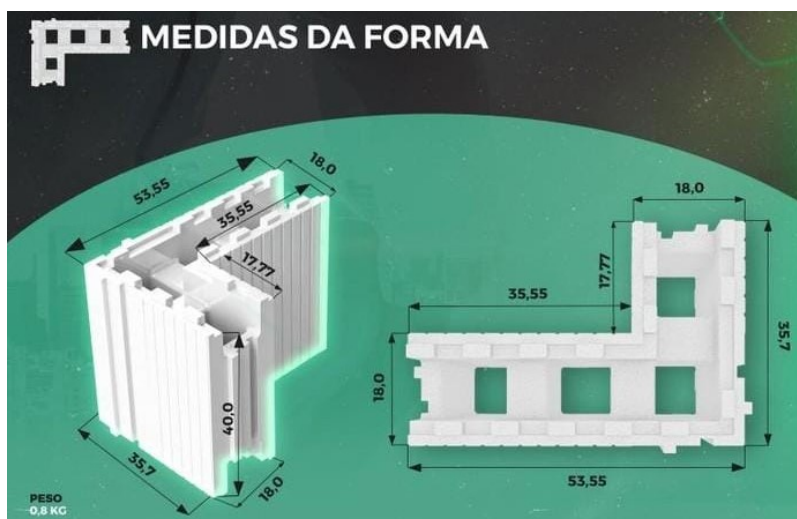


Fonte: ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023, p. 8.

- iFORMS – Fôrma de Canto (L):

Utilizadas nas paredes externas para criar o canto em L, armadas com barras de aço ϕ 8 mm na vertical, com espaçamento de 36 cm e barras de ϕ 8 mm de diâmetro na horizontal, com espaçamento de 40 cm, preenchidas com concreto de $f_{ck} = 25$ MPa, com dimensões de 53,55x35,70x40 cm, conforme mostra a Figura 35.

Figura 35 – Fôrma de Canto (L).



Fonte: ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2023.

Além das fôrmas ICF, também fazem parte da superestrutura:

- Vigas:

Em situações em que foi necessário lançar paredes no pavimento superior, sem que houvesse continuidade dessas paredes no pavimento inferior, foi indispensável o lançamento de vigas nessas regiões.

- Lajes:

Moldada in loco, do tipo treliçada com bloco de enchimentos de EPS com 8 cm de altura e uma camada de compressão de 4 cm, totalizando 12 cm de altura, com concreto $f_{ck} = 25$ MPa, armadas com barras de aço variando de 5 a 10 mm de diâmetro. Importante mencionar que, da mesma forma que no projeto convencional, foi necessário aumentar a altura dos blocos de enchimento para 10 cm em três dos panos de laje devido à necessidade de reforços adicionais.

4.2.3 Modificações realizadas no projeto estrutural em ICF

O *software* Cypecad®, além das Normas Brasileiras, utiliza a Eurocode 6, uma norma técnica europeia que estabelece requisitos para o projeto e execução de estruturas de alvenaria. Ela faz parte do conjunto de normas chamado Eurocodes, desenvolvido pela Comissão Europeia para padronizar a engenharia civil na União Europeia. O Eurocode 6 é especialmente voltado para estruturas de alvenaria, fornecendo orientações detalhadas para projetar, construir e avaliar a segurança de edifícios com esse sistema estrutural.

No entanto, foram feitas modificações no projeto estrutural para atender às normas brasileiras. Uma dessas alterações diz respeito à disposição das armaduras ao redor das aberturas. De acordo com a NBR 16055/2022, em seu item 17.8, estabelece-se que todas as aberturas com dimensão horizontal igual ou superior a 40 cm devem ser reforçadas com armaduras horizontais nas superfícies superior e inferior da abertura, e que a armadura longitudinal das vergas deve ter uma seção mínima de 1 cm², enquanto nas contravergas esse valor é de 0,5 cm².

Portanto, seguindo as diretrizes da norma, optou-se por utilizar 2 barras de ϕ 8 mm para as armaduras superiores (vergas), 2 barras de ϕ 6,3 mm para as armaduras inferiores (contravergas) e 2 barras de ϕ 4,3 mm para as armaduras laterais, visto que a Eurocode também recomenda o reforço lateral. Tais recomendações têm como objetivo prevenir o surgimento de problemas estruturais nas edificações decorrentes da ausência de vergas e contravergas.

Após o dimensionamento do projeto, o *software* recomendou o uso de uma malha de armadura para as paredes de concreto. Essa malha é composta por barras verticais de ϕ 10 mm, espaçadas a cada 15 cm, e barras horizontais de ϕ 5 mm, com espaçamento de 10 cm. No entanto, a NBR 16055/2022, no item 17.3.2, estabelece que o espaçamento máximo entre as barras horizontais e verticais não deve exceder 30 cm.

Devido às configurações específicas das fôrmas (ilustradas nas Figuras 33, 34 e 35), a montagem das mesmas e das armaduras requer algumas adaptações. As barras horizontais precisam estar espaçadas a 40 cm, posicionadas na face superior da fôrma, e as barras verticais devem estar espaçadas a 17,85 cm (ou múltiplos desse valor) para as fôrmas estruturais e a 12,50 cm (ou múltiplos) para as fôrmas de vedação. Esses valores correspondem à distância entre os eixos das aberturas das fôrmas.

A ICF Construtora Inteligente oferece estimativas de materiais por metro quadrado de fôrma. É importante destacar que, apesar dessas estimativas, o projeto estrutural é fundamental para garantir a segurança e eficiência da obra. Conforme as recomendações da empresa, para cada metro quadrado de parede, sugere-se o uso de 2,0 kg de aço com diâmetro de 8,0 mm para paredes estruturais e 1,5 kg de aço com diâmetro de 6,3 mm para paredes de vedação.

Com base nessas considerações, optou-se por utilizar barras verticais de ϕ 8 mm, com espaçamento de 36 cm, e barras horizontais de ϕ 8 mm, espaçadas a 40 cm, para as fôrmas estruturais. Para as fôrmas de vedação, optou-se por barras verticais de ϕ 6,3 mm, com

espaçamento de 25 cm, e barras horizontais de ϕ 6,3 mm, espaçadas a 40 cm. Dessa forma, as barras verticais ficarão dispostas em sequência alternada nas aberturas das fôrmas.

Após todas as modificações mencionadas anteriormente e a verificação das armaduras adotadas, observa-se que, embora os espaçamentos excedam os limites permitidos pela NBR 16055/2022, a barra de armadura vertical mais solicitada está sendo aproveitada em apenas 3,03%, enquanto a barra de armadura horizontal mais solicitada tem um aproveitamento de apenas 1,03%. Nota-se que essas barras não estão sendo submetidas ao limite máximo de carga, e que apenas uma pequena porcentagem de aproveitamento delas é suficiente para atender aos requisitos de carga. Isso justifica a aceitação da solução adotada. Os percentuais de aproveitamento mencionados podem ser verificados na Figura 36 e 37.

Além disso, com essas configurações, as paredes estruturais contêm aproximadamente 3 kg de aço de ϕ 8 mm por metro quadrado, e as paredes de vedação contêm cerca de 3,2 kg de aço de ϕ 6,3 mm por metro quadrado. Desse modo, esses valores excedem as recomendações da ICF Construtora Inteligente. É importante destacar que essas estimativas foram baseadas na área total das fôrmas estruturais e de vedação, bem como na quantidade total de aço de ϕ 8 mm e ϕ 6,3 mm obtidos nos relatórios de quantitativos do programa, os quais incluem as armaduras ao redor das aberturas.

Figura 36 – Percentagem de aproveitamento da armadura vertical.

Cortina C8: Comprimento: 855 cm [Nó inicial: 3.02;0.08 -> Nó final: 3.02;8.63]										
Planta	Verificação	Aproveitamento (%)	Desfavoráveis							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t-m/m)	My (t-m/m)	Mxy (t-m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Cobertura (e=10.0 cm)	Arm. vert.	1.39	-6.84	-0.70	-1.53	0.00	0.00	0.00	---	---
	Arm. horz.	0.46	-2.36	-2.24	-0.53	0.00	0.00	0.00	---	---
	Concreto	3.67	-6.84	-0.70	-1.53	0.00	0.00	0.00	---	---
Piso 1 (e=10.0 cm)	Arm. vert.	3.03	-14.90	-2.56	1.86	0.00	0.00	0.00	---	---
	Arm. horz.	0.59	-0.90	-2.90	-0.16	0.00	0.00	0.00	---	---
	Concreto	7.07	-14.90	-2.56	1.86	0.00	0.00	0.00	---	---

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

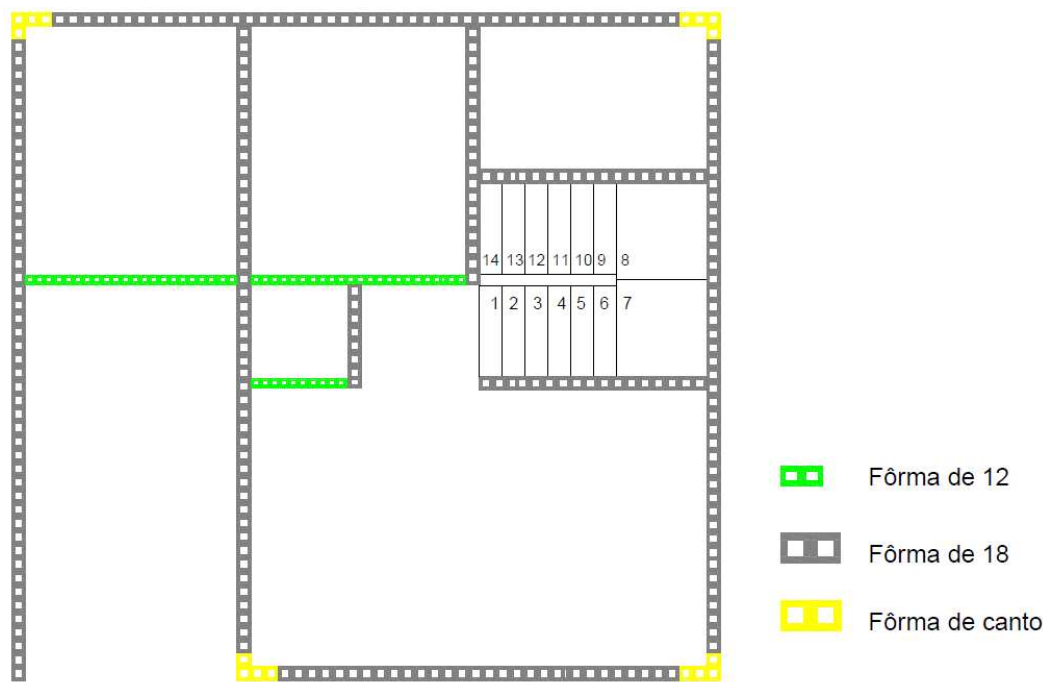
Figura 37 – Percentagem de aproveitamento da armadura horizontal.

Cortina C20: Comprimento: 315 cm [Nó inicial: 6.02;8.63 -> Nó final: 9.17;8.63]										
Planta	Verificação	Aproveitamento (%)	Desfavoráveis							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t-m/m)	My (t-m/m)	Mxy (t-m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Barrilete (e=10.0 cm)	Arm. vert.	0.76	-2.50	-0.52	-4.58	0.00	0.00	0.00	---	---
	Arm. horz.	1.33	-3.11	-6.51	-0.26	0.00	0.00	0.00	---	---
	Concreto	3.39	-2.50	-0.52	-4.58	0.00	0.00	0.00	---	---
Cobertura (e=10.0 cm)	Arm. vert.	1.03	-5.04	-0.51	-1.95	0.00	0.00	0.00	---	---
	Arm. horz.	0.49	-1.81	-2.41	0.18	0.00	0.00	0.00	---	---
	Concreto	3.16	-5.03	-0.53	-2.03	0.00	0.00	0.00	---	---

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

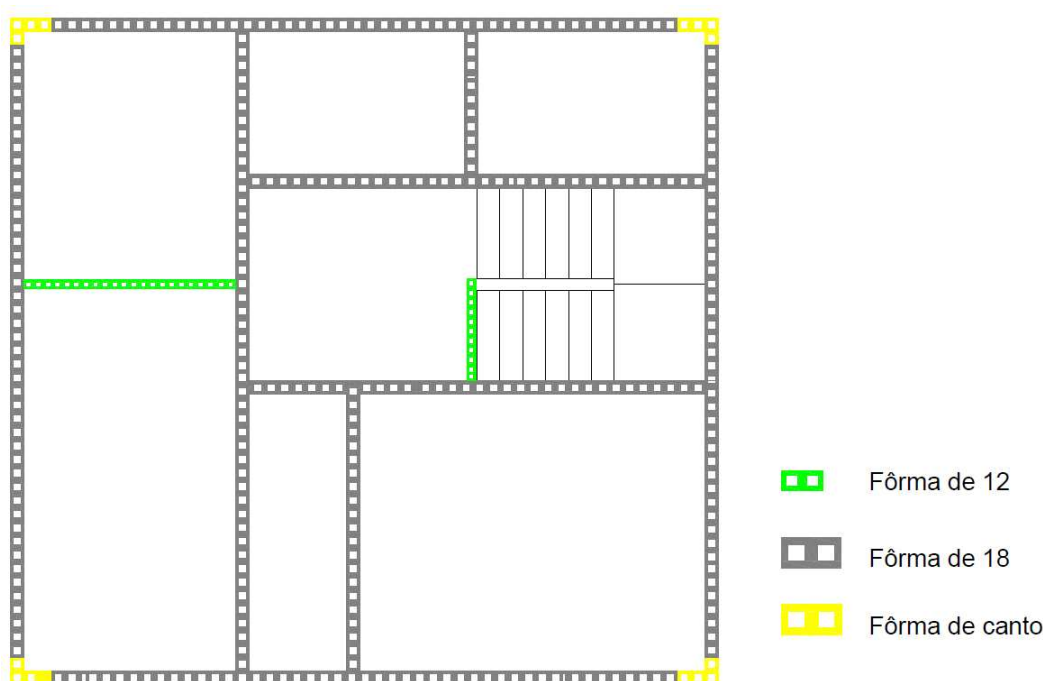
A seguir, apresentam-se imagens do projeto desenvolvido:

Figura 38 – Definição das fôrmas Pavimento Térreo.



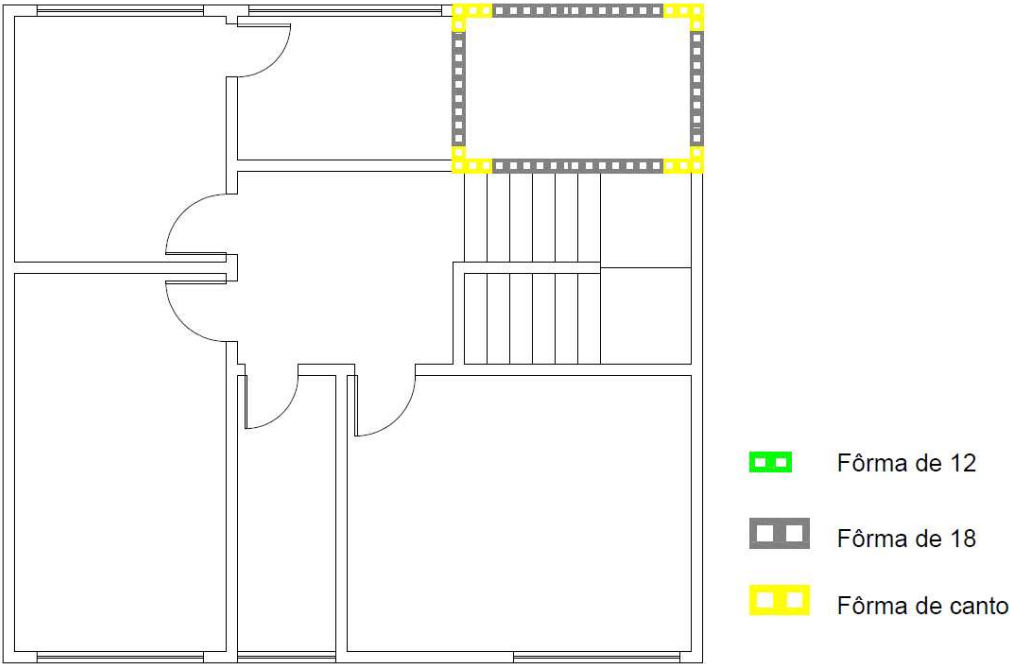
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 39 – Definição das fôrmas Pavimento Superior.



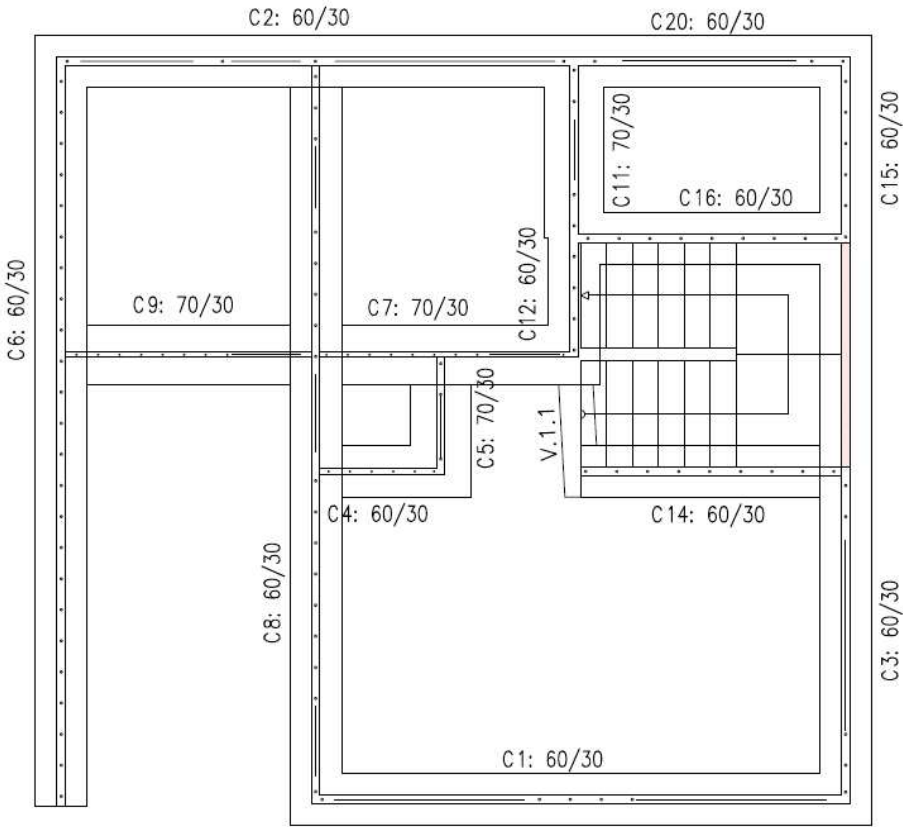
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 40 – Definição das fôrmas Barrilete.



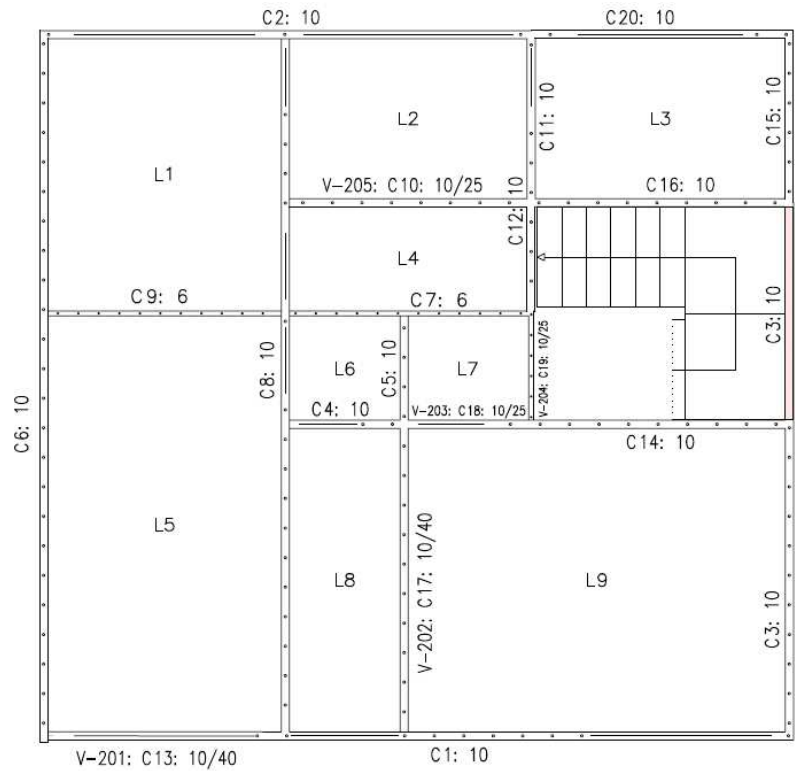
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 41 – Planta de Fundação e Paredes do Pavimento Térreo.



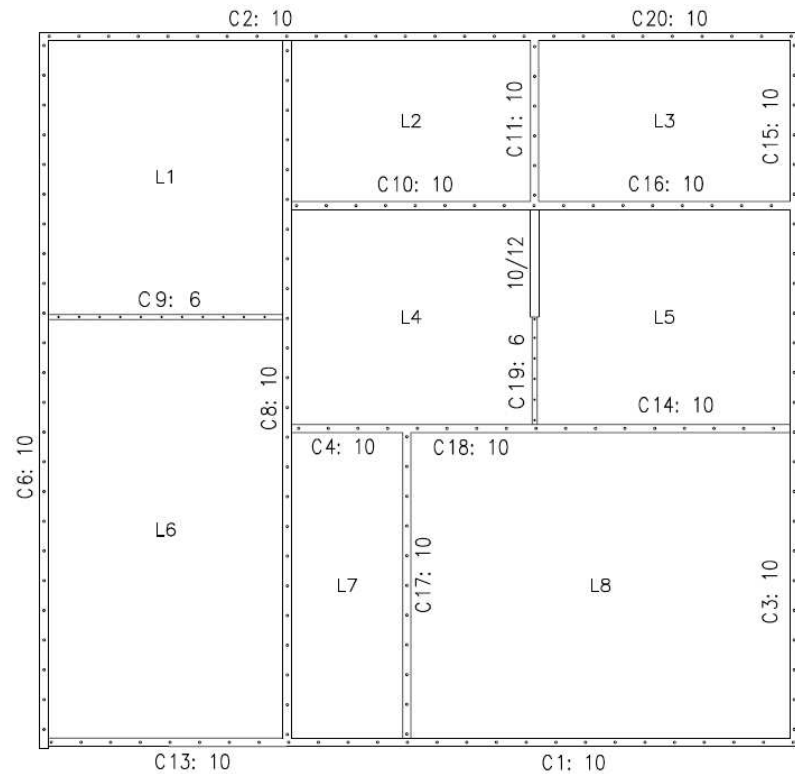
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 42 – Planta de Paredes do Piso do Pavimento Superior.



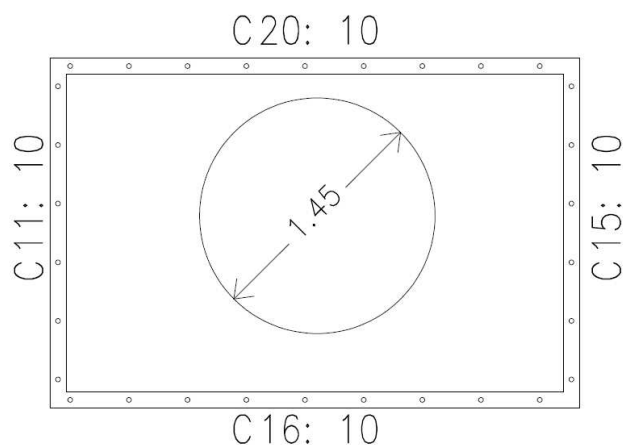
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 43 – Planta de Paredes do Piso da Cobertura.



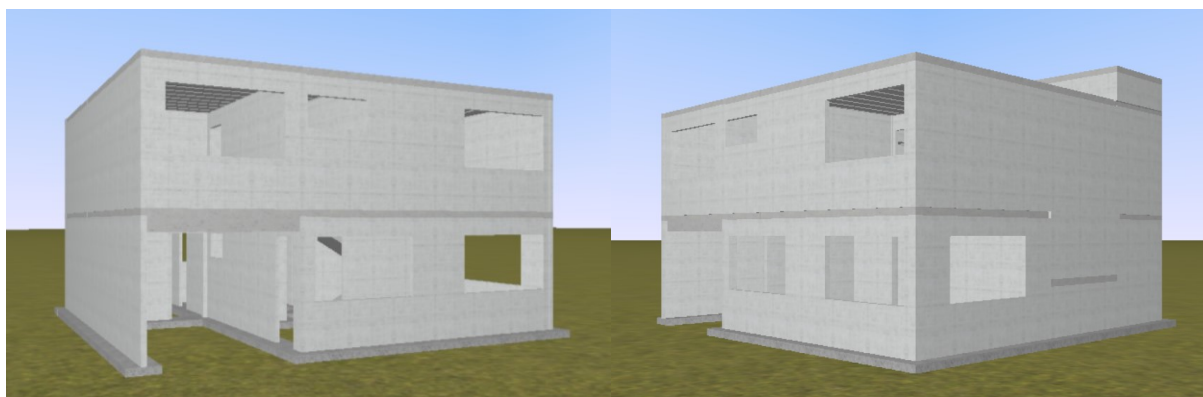
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 44 – Planta de Paredes do Barrilete.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 45 – Projeto estrutural em 3D.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.3 Planilhas Orçamentárias

4.3.1 Orçamento projeto estrutural convencional

Na Tabela 2, são apresentados de forma resumida os custos relacionados às diferentes etapas da construção do projeto estrutural no sistema construtivo convencional. O orçamento completo está disponível no Apêndice C para consulta.

Tabela 2 – Resumo do orçamento analítico estimado para o sistema convencional.

Item	Descrição	Custo
1	Fundação	R\$ 22.351,63
1.1	Sapatas	R\$ 9.926,72
1.2	Vigas baldrame	R\$ 12.424,91
2	Superestrutura	R\$ 93.360,89
2.1	Pilares	R\$ 31.003,35

2.2	Vigas	R\$ 30.796,06
2.3	Lajes	R\$ 23.102,34
2.4	Escada	R\$ 8.459,14
3	Alvenaria de vedação	R\$ 24.385,44
	Custo Total	R\$ 140.097,96

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.3.2 Orçamento projeto estrutural ICF

Para a avaliação dos custos das fôrmas ICF, elaborou-se uma composição unitária utilizando os preços por metro quadrado fornecidos pela ICF Construtora Inteligente. Quanto à mão de obra, utilizaram-se os coeficientes referentes à montagem de fôrmas para vigas, com carpinteiro de fôrmas e ajudante de carpinteiro da composição 96530 do banco SINAPI como estimativa de mão de obra para o serviço. Essas composições estão detalhadas nas Figuras 46, 47 e 48.

Figura 46 – Composição estimada para Fôrma 18.

Fôrma 18 - Estrutural (Incluindo a montagem)

TIPO	PARE - PAREDES/PAINEIS
UNIDADE	m²
PREÇO UNITÁRIO	R\$ 173,61
BDI	R\$ 0,00
PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 173,61
MÃO DE OBRA	Não

	BANCO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	COEFICIENTE	TOTAL
C	SINAPI	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	17,14	0,555	9,51
C	SINAPI	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	20,50	1,566	32,10
I	Próprio	00000002	Fôrma 18 - Estrutural	Material	m²	132,00	1,0	132,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 47 – Composição estimada para Fôrma de Canto L.

Fôrma de Canto L - Estrutural (Incluindo a montagem)								
TIPO		PARE - PAREDES/PAINEIS						
UNIDADE		m²						
PREÇO UNITÁRIO		R\$ 181,67						
BDI		R\$ 0,00						
PREÇO UNITÁRIO COM BDI		R\$ 181,67						
MÃO DE OBRA		Não						

	BANCO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	COEFICIENTE	TOTAL
C	SINAPI	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	17,14	0,555	9,51
C	SINAPI	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	20,50	1,566	32,10
I	Próprio	00000004	Fôrma de Canto L - Estrutural	Material	m²	140,06	1,0	140,06

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 48 – Composição estimada para Fôrma 12.

Fôrma 12 - Vedação (Incluindo a montagem)

TIPO	PARE - PAREDES/PAINEIS
UNIDADE	m²
PREÇO UNITÁRIO	R\$ 159,61
BDI	R\$ 0,00
PREÇO UNITÁRIO COM BDI	R\$ 159,61
MÃO DE OBRA	Não

BANCO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	COEFICIENTE	TOTAL	
C	SINAPI	88239	AJUDANTE DE CARPITEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	17,14	0,555	9,51
C	SINAPI	88262	CARPITEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	20,50	1,566	32,10
I	Próprio	00000003	Fôrma 12 - Vedação	Material	m²	118,00	1,0	118,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na Tabela 3, são apresentados de forma resumida os custos relacionados às diferentes etapas da construção do projeto estrutural no sistema construtivo ICF. O orçamento completo está disponível no Apêndice D para consulta.

Tabela 3 – Resumo do orçamento analítico estimado para o sistema ICF.

Item	Descrição	Custo
1	Fundação	R\$ 22.375,05
1.1	Sapatas	R\$ 21.926,92
1.2	Viga de travamento	R\$ 448,13
2	Superestrutura	R\$ 113.869,27
2.1	Fôrmas ICF	R\$ 76.144,24
2.2	Vigas	R\$ 5.201,00
2.3	Lajes	R\$ 23.825,22
2.4	Escada	R\$ 8.698,81
	Custo Total	R\$ 136.244,32

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.4 Análises dos Resultados

Analisando as Tabelas 2 e 3, observa-se que o sistema construtivo utilizando fôrmas de EPS apresentou menor custo em relação ao sistema convencional. A diferença no custo estimado entre os dois sistemas foi de 2,75%, que corresponde a R\$ 3.853,64. Essa variação é extremamente pequena, sugerindo que os custos podem ser considerados praticamente iguais, resultando em um empate no critério de viabilidade econômica. A etapa que registrou o maior custo foi a construção da superestrutura do sistema ICF, isso se deve principalmente aos custos relacionados às fôrmas.

No entanto, quando se avalia a relação custo-benefício, o sistema ICF se destaca devido ao método de execução da técnica construtiva. No sistema ICF, as paredes são autoportantes, permitindo a construção simultânea da estrutura e da alvenaria de vedação, o que reduz significativamente o tempo de execução e a necessidade de mão de obra no canteiro. Além disso, o uso de materiais extremamente leves facilita o manuseio e a montagem das fôrmas, tornando o processo mais ágil, simples e produtivo para os operários.

Por outro lado, no sistema convencional, são necessárias uma quantidade considerável de fôrmas, materiais e mão de obra, resultando em um maior tempo de execução devido ao processo construtivo artesanal. Como exemplo, temos que para construir 1 m² de paredes com fôrmas de EPS, são necessárias apenas 2 fôrmas, cada uma com 0,5 m², enquanto na alvenaria convencional, são necessários aproximadamente 25 tijolos cerâmicos para 1 m², considerando 1 cm de argamassa de assentamento.

É importante mencionar que o custo de frete das fôrmas de ICF não foi considerado no orçamento. Devido à técnica construtiva ICF ainda ser pouco utilizada, observa-se que uma das principais dificuldades na adoção desse sistema em projetos de construção consiste na disponibilidade limitada dessas fôrmas em algumas regiões do Brasil. Nesse contexto, o custo de transporte poderia ser um fator significativo que aumentaria os custos da obra em comparação com o sistema construtivo convencional, no qual os materiais são mais amplamente disponíveis no mercado local.

No entanto, se considerarmos os custos relacionados à execução de serviços complementares, como instalações hidrossanitárias e elétricas, observa-se que no sistema ICF os custos para execução de cortes seriam menores em comparação com os custos de rasgos realizados na alvenaria convencional, que resultam em retrabalho e na geração de entulhos não reutilizáveis. Além disso, a construção otimizada do sistema ICF tende a proporcionar um canteiro de obra mais limpo e organizado, reduzindo os custos relacionados à limpeza e manutenção da obra.

Adicionalmente, a pesquisa realizada por Santos (2020, p. 46-48), demonstra uma diferença significativa na transmissão de calor entre o sistema convencional e as fôrmas de EPS, sendo o sistema ICF 83% mais eficiente e capaz de reduzir a temperatura interna em até 15°C em relação ao ambiente externo. Uma consequência imediata disso é a redução do consumo de energia dos aparelhos de ar condicionado ao longo de toda a vida útil da edificação. Além do conforto térmico, o autor também analisou o desempenho acústico do sistema, demonstrando que o sistema ICF é 55% mais eficiente do que o sistema convencional.

Um dos pontos negativo a ser considerado é a baixa flexibilidade para efetuar mudanças no produto final após a conclusão do sistema ICF. Isso se deve ao fato de que o ICF é completamente concretado, o que torna as modificações excessivamente onerosas. Portanto, é essencial que todos os detalhes estejam bem definidos no projeto antes da execução.

De acordo com pesquisa realizada por Beal e Sousa (2021, p. 29), em relação ao sistema ICF, destacam-se algumas desvantagens no contexto do mercado brasileiro. Primeiramente, a baixa difusão desse sistema no mercado nacional que gera desconfiança e dificuldades na implementação de novos projetos. Além disso, a escassez de fábricas que produzem as fôrmas de EPS no país resulta em custos mais elevados de transporte. Também, devido às características do material, ele ocupa um grande espaço de carga em relação ao seu peso, o que pode ser ineficiente em termos de logística.

Outra desvantagem a ser considerada é a limitação no número de pavimentos. Embora não haja normas específicas que regulamentem o sistema, cada fabricante de fôrmas estabelece um número máximo recomendado de pavimentos. Após atingir esse limite, é indicado o uso de concreto armado convencional ou outras técnicas, especialmente em obras de maior porte.

Por fim, a escassez de informações normativas e informativas sobre o sistema, desde a metodologia construtiva até a concepção dos cálculos estruturais, também se apresenta como uma desvantagem que pode dificultar a adoção do ICF.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de promover o avanço das tecnologias construtivas, aprimorando os métodos de produção existentes, tanto em termos sustentáveis quanto econômicos, é essencial que os profissionais e acadêmicos do setor estejam informados e atentos às novas possibilidades. Com a premissa de que a engenharia está em constante busca por aprimoramentos, este estudo proporcionou uma compreensão mais aprofundada do sistema construtivo ICF.

Foram coletadas informações detalhadas sobre as características e particularidades dos sistemas, o que resultou em uma visão abrangente das fases de construção e das vantagens da aplicação do sistema ICF em comparação com os métodos construtivos convencionais.

De acordo com os resultados deste estudo, tornou-se evidente que o custo de execução dos elementos estruturais do sistema ICF é 2,75% inferior em comparação com o sistema construtivo convencional, apresentando uma variação de custo insignificante, sendo o valor das fôrmas do sistema ICF o custo mais significativo entre todas as etapas de execução dos sistemas. Porém, o sistema ICF se destacou por suas propriedades térmicas e acústicas, proporcionando um ambiente mais protegido contra as variações de temperatura externa, o que pode resultar em considerável economia de energia.

Ao analisar a metodologia do sistema construtivo ICF e sua aplicabilidade, concluiu-se que sua implementação oferece um excelente custo-benefício, caracterizado por maior produtividade, redução de mão de obra e desempenho térmico e acústico superiores. O ICF se destaca como um sistema enxuto que maximiza a eficiência e minimiza o desperdício em seus processos, ao contrário dos métodos construtivos convencionais.

Apesar das inúmeras vantagens, a implementação do ICF enfrenta desafios devido à sua baixa difusão no Brasil, o que causa inseguranças e preocupações quanto à sua adoção. No entanto, com um maior incentivo e maior visibilidade, é possível que o sistema se torne amplamente adotado. Uma das estratégias para isso poderia ser o estímulo à produção e disponibilidade das fôrmas de EPS nas principais regiões de investimento na construção civil, o que, conseqüentemente, poderia resultar em uma redução significativa dos custos das fôrmas.

REFERÊNCIAS

ADORNA, Diego da Luz. *et al.* **Concreto armado: vigas e lajes**. Porto Alegre: SAGAH, 2021.

ANTUNES, David Adriano de Lima; COSTA JUNIOR, Júlio César da. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e Insulating Concrete Forms (ICF)**. 2021. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021. Disponível em: <<https://shre.ink/22P9>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ARXX BRASIL. **Manual Técnico: ARXX**, a tecnologia de paredes mais sustentável e segura do Brasil, 2023.

ARXX BRASIL. **Revista Institucional: ARXX**, a tecnologia de paredes mais sustentável e segura do Brasil, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto—Procedimento. Rio de Janeiro-RJ, 2014. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro-RJ, 2019. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de Fundação: Estruturas de Concreto III**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019. Disponível em:<<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

BEAL, Diogo Ernesto; SOUSA, Mateus Padua. **A viabilidade do método construtivo Insulated Concrete Forms na cidade de Pato Branco-PR**. 2021. 86f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27544/1/PB_COECI_2020_2_25.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Princípios da Mecânica dos Solos e Fundações para a Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2015.

CÂNDIDO, Ana Márcia; ALMEIDA, Luan Marciano de; SOARES, Robson de Souza. **Análise comparativa de viabilidade entre o sistema ICF (Insulated concrete forms) e o sistema convencional de bloco cerâmico estrutural**. 2022. 27 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário Una, 2022. Disponível em: <<https://shre.ink/22PW>>. Acesso em: 29 jun. 2023.

CARVALHO, Victor Bezerra. **Insulated Concrete Forms (ICF) como um sistema construtivo enxuto** – Uma visão a partir de *Lean Construction*. 2022. 57f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, Açailândia, 2022. Disponível em: <<https://shre.ink/22uT>>. Acesso em: 11 set. 2023.

CORREA, Ianca Cesca. **Estudo comparativo entre sistemas monolíticos em painéis EPS e sistema construtivo convencional para residências unifamiliares**. 2020. 52f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020. Disponível em: < <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/15374>>. Acesso em: 12 out. 2023.

CORREA, Priscila Marques. **Estruturas em concreto armado**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GRIEBELER, Cleiton Jonacir. **Comparação entre os sistemas construtivos de edificações em estrutura de concreto armado convencional com paredes de vedação em concreto armado versus paredes de vedação em alvenaria de blocos cerâmicos, sob o aspecto financeiro e de cronograma de obra**. 2022. 109f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, 2022. Disponível em: <<https://bitlybr.com/rpazT>>. Acesso em: 12 out. 2023.

GUIMARÃES, Diego; PETER, Eduardo Alcides. **Fundações**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

HIRAI, Ricardo Kiyoto. **Case – Construção residencial em Insulated Concrete Forms (ICF)**. 2022. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário Ritter dos Reis, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/30356>>. Acesso em: 08 set. 2023.

ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE. **Manual Técnico iFORMS**, 2023.

JESUS, Andressa Tainara Campelo de; BARRETO, Maria Fernanda Fávero Menna. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. Engineering and Science, v. 3, ed. 7, p. 12-27, 2018. Disponível em: <<https://shre.ink/22ui>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MIRANDA, Caio Vitor *et al.* Estudo comparativo entre o sistema Light Steel Framing e o sistema construtivo convencional. **Arquitetura e engenharia: ensaios multidisciplinares**, Ponta Grossa, Aya editora, p. 52–66, 2022. Disponível em: <<https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/Livros/L135.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

NEU, Daiane Ferreira Prestes. **Sistemas construtivos em alvenaria estrutural e concreto armado** – uma comparação entre os subsistemas de instalações elétricas e hidrossanitárias aplicados em obras residenciais. 2014. 110f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1152/1/Daiane%20Ferreira%20Prestes%20Neu.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2023.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso básico de Concreto Armado**: conforme NBR 6118/2014. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SANTOS, Túlio César de Carvalho. **Sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF): Estudo de caso viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade na construção civil**. 2020. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <<https://shre.ink/22uA>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

SISTEMA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ. 87% dos consumidores brasileiros preferem comprar de empresas sustentáveis. **Agência Sistema**

FIEP, 2019. Disponível em:< <https://agenciafiep.com.br/2019/02/28/consumidores-preferem-empresas-sustentaveis/>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

TREVEJO, Hiago Henrique. **Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis EPS para residências unifamiliares**. 2018. 45f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018. Disponível em: <<https://bitlybr.com/LfSeh>>. Acesso em: 12 out. 2023.

VENTURI, Denise Itajahy Sasaki Gomes. *et al.* **Concreto armado aplicado em vigas, lajes e escadas**. Porto Alegre: SAGAH, 2021.

VIEIRA, Ana Karoline da Silva. **Estudo de caso sobre o sistema construtivo Insulated Concrete Formas (ICF)**. 2022. 44 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022. Disponível em: <<https://shre.ink/22u8>>. Acesso em: 28 jun. 2023.



Apêndice A

Quantidades da obra

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Notas:

Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.

Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

Subsolo

Elemento	Fôrmas (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Sapatas isoladas	15.12	3.204	135
Total	-	3.204	135

Térreo

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Vigas baldrame	32.04	9.51	2.610	248
Pilares	14.92	-	0.750	133
Total	-	9.51	3.360	381
Índices (por m²)	-	-	0.334	37.84
Superfície total: 10.07 m²				

Piso 1

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	62.83	4.550	73
Vigas	29.55	9.43	3.240	252
Pilares	27.28	-	1.310	201
Escadas	-	10.57	1.670	128
Total	-	82.83	10.770	654
Índices (por m²)	-	-	0.148	8.98
Superfície total: 72.82 m²				

Cobertura

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	70.49	4.970	96
Vigas	28.57	9.43	3.240	209
Pilares	27.28	-	1.310	182
Total	-	79.92	9.520	487
Índices (por m²)	-	-	0.118	6.05
Superfície total: 80.48 m²				



Apêndice A

Quantidades da obra

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Barrilete

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volum (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	5.70	0.450	-
Vigas	4.37	1.42	0.500	40
Pilares	1.60	-	0.080	21
Total	-	7.12	1.030	61
Índices (por m²)	-	-	0.142	8.39
Superfície total: 7.27 m²				



Apêndice A

Quantidades da obra

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Total obra

Elemento	Fôrmas (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Sapatas isoladas	15.12	3.200	135
Total	-	3.200	135

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	139.02	9.970	169
Vigas	62.49	20.28	6.980	501
Vigas baldrame	32.04	9.51	2.610	248
Pilares	71.08	-	3.450	537
Escadas	-	10.57	1.670	128
Total	-	179.38	24.680	1583
Índices (por m²)	-	-	0.145	9.28
Superfície total: 170.64 m²				

Apêndice A



Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Notas:

Peso: Os valores indicados têm incluídas as perdas.

Subsolo

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Sapatas isoladas	CA-50	Ø10	146.07	99
		Ø12.5	29.40	31
		Total + 10%		130
	CA-60	Ø5	28.80	5
		Total + 10%		5

Térreo

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Vigas baldrame de concreto	CA-60	Ø5	342.96	59
		Total + 10%		59
	CA-50	Ø8	204.74	89
		Ø10	146.89	100
		Total + 10%		189
Pilares em concreto	CA-50	Ø10	92.00	62
		Ø12.5	49.00	52
		Total + 10%		114
	CA-60	Ø5	110.50	19
		Total + 10%		19

Piso 1

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de vigotas	CA-50	Ø6.3	11.70	3
		Ø8	139.00	60
		Ø10	9.60	7
		Total + 10%		70
	CA-60	Ø5	15.40	3
		Total + 10%		3
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	314.06	54
		Total + 10%		54
	CA-50	Ø8	182.35	79
		Ø10	149.02	101
		Ø12.5	16.88	18
		Total + 10%		198

Apêndice A



Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Pilares em concreto	CA-50	Ø10	136.00	92
		Ø12.5	70.40	75
		Total + 10%		167
	CA-60	Ø5	198.25	34
		Total + 10%		34
Escadas	CA-50	Ø8	178.69	78
		Ø10	74.35	50
		Total + 10%		128

Apêndice A



Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Cobertura

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de vigotas	CA-50	Ø8	222.10	96
		Total + 10%		96
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	311.44	54
		Total + 10%		54
	CA-50	Ø8	283.50	123
		Ø12.5	30.66	32
		Total + 10%		155
Pilares em concreto	CA-50	Ø10	116.28	79
		Ø12.5	64.20	68
		Total + 10%		147
	CA-60	Ø5	201.50	35
		Total + 10%		35

Barrilete

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	56.98	10
		Total + 10%		10
	CA-50	Ø8	21.52	9
		Ø10	30.62	21
		Total + 10%		30
Pilares em concreto	CA-50	Ø10	29.66	20
		Total + 10%		20
	CA-60	Ø5	4.55	1
		Total + 10%		1

Apêndice A



Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto Convencional

Data: 26/09/23

Total obra

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Sapatas isoladas	CA-50	Ø10	146.07	99
		Ø12.5	29.40	31
		Total + 10%		130
	CA-60	Ø5	28.80	5
		Total + 10%		5
Lajes de vigotas	CA-50	Ø6.3	11.70	3
		Ø8	361.10	156
		Ø10	9.60	7
		Total + 10%		166
	CA-60	Ø5	15.40	3
		Total + 10%		3
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	682,48	118
		Total + 10%		118
	CA-50	Ø8	487,37	211
		Ø10	179,64	122
		Ø12.5	47.54	50
	Total + 10%		572	
Vigas baldrame de concreto	CA-60	Ø5	342.96	59
		Total + 10%		59
	CA-50	Ø8	204.74	89
		Ø10	146.89	100
		Total + 10%		189
Pilares em concreto	CA-50	Ø10	373.94	253
		Ø12.5	183.60	195
		Total + 10%		448
	CA-60	Ø5	514.80	89
		Total + 10%		89
Escadas	CA-50	Ø8	178.69	78
		Ø10	74.35	50
		Total + 10%		128



Apêndice B

Quantidades da obra

Projeto ICF

Data: 29/09/23

Notas:

Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.

Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

A armadura dos muros é suposta contínua. Não se levam em conta, nem no desenho, nem na medição, as sobreposições e as aberturas.

Térreo

Elemento	Fôrmas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Sapatas corridas	30.60	9.180	297
Vigas de travamento	0.89	0.177	10
Total	-	9.357	307

Piso 1

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	64.54	4.680	57
Vigas	10.36	7.11	0.400	22
Muros de concreto armado	-	315.91	13.310	460
Pilares	0.00	-	-	-
Escadas	-	10.81	1.694	137
Total	-	398.37	20.084	676
Índices (por m²)	-	-	0.280	9.43
Superfície total: 71.65 m²				

Cobertura

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	72.88	5.270	80
Vigas	4.79	6.70	0.020	-
Muros de concreto armado	-	352.97	15.424	468
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	432.55	20.714	548
Índices (por m²)	-	-	0.260	6.89
Superfície total: 79.58 m²				



Apêndice B

Quantidades da obra

Projeto ICF

Data: 29/09/23

Barrilete

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	5.95	0.460	5
Muros de concreto armado	-	17.28	0.864	19
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	24.27	1.324	24
Índices (por m²)	-	-	0.189	3.43
Superfície total: 6.99 m²				

Total obra

Elemento	Fôrmas (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Sapatas corridas	30.60	9.180	297
Vigas de travamento	0.89	0.180	10
Total	-	9.360	307

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Lajes de vigotas	-	143.37	10.410	142
Vigas	15.15	13.81	0.420	22
Muros de concreto armado	-	686.16	29.590	913
Pilares	0.00	-	-	-
Escadas	-	10.81	1.690	137
Total	-	889.85	42.110	1248
Índices (por m²)	-	-	0.218	6.47
Superfície total: 192.88 m²				



Apêndice B

Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto ICF

Data: 29/09/23

Notas:

Peso: Os valores indicados têm incluídas as perdas.

A armadura dos muros é suposta contínua. Não se levam em conta, nem no desenho, nem na medição, as sobreposições e as aberturas.

Térreo

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Sapatas corridas	CA-50	Ø12.5	280.74	297
		Total + 10%		297
Vigas de travamento	CA-50	Ø8	7.05	3
		Ø12.5	6.60	7
		Total + 10%		10

Piso 1

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de vigotas	CA-50	Ø6.3	15.80	4
		Ø8	111.60	48
		Ø10	0.80	1
		Total + 10%		53
	CA-60	Ø5	21.80	4
		Total + 10%		4
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	30.91	5
		Total + 10%		5
	CA-50	Ø10	25.54	17
		Total + 10%		17
Muros de concreto armado	CA-50	Ø6.3	167.30	45
		Ø8	844.31	367
		Total + 10%		412
	CA-60	Ø4.2	117.68	14
		Total + 10%		14
Escadas	CA-50	Ø8	161.10	70
		Ø10	98.20	67
		Total + 10%		137



Apêndice B

Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto ICF

Data: 29/09/23

Cobertura

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de vigotas	CA-50	Ø6.3	8.00	2
		Ø8	157.60	68
		Ø10	12.00	8
		Total + 10%		78
	CA-60	Ø5	11.00	2
		Total + 10%		2
Muros de concreto armado	CA-50	Ø6.3	136.50	37
		Ø8	963.46	418
		Total + 10%		455
	CA-60	Ø4.2	111.60	13
		Total + 10%		13

Barrilete

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de vigotas	CA-60	Ø5	15.81	3
		Total + 10%		3
	CA-50	Ø6.3	8.40	2
		Total + 10%		2
Muros de concreto armado	CA-50	Ø8	44.20	19
		Total + 10%		19



Apêndice B

Quantidades de armadura, por diâmetro

Projeto ICF

Data: 29/09/23

Total obra

	Tipo de aço	Referên cia	Comprimento (m)	Peso (kg)
Sapatas corridas	CA-50	Ø12.5	280.74	297
		Total + 10%		297
Vigas de travamento	CA-50	Ø8	7.05	3
		Ø12.5	6.60	7
		Total + 10%		10
Lajes de vigotas	CA-50	Ø6.3	32.20	8
		Ø8	269.20	116
		Ø10	12.80	9
		Total + 10%		133
	CA-60	Ø5	48.61	9
		Total + 10%		9
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	30.91	5
		Total + 10%		5
	CA-50	Ø10	25.54	17
		Total + 10%		17
Muros de concreto armado	CA-50	Ø6.3	303.80	82
		Ø8	1851.97	804
		Total + 10%		886
	CA-60	Ø4.2	229.28	27
		Total + 10%		27
Escadas	CA-50	Ø8	161.10	70
		Ø10	98.20	67
		Total + 10%		137

Apêndice C – Orçamento projeto estrutural convencional

Orçamento Sintético

Item	Código	Banco	Descrição	Unid	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			Fundação					22.351,63	15,95 %
1.1			Sapata					9.926,72	7,09 %
1.1.1	96529	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m ²	15,12	365,47	365,47	5.525,90	3,94 %
1.1.2	96543	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	5	18,37	18,37	91,85	0,07 %
1.1.3	96546	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	99	14,72	14,72	1.457,28	1,04 %
1.1.4	96547	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	31	12,47	12,47	386,57	0,28 %
1.1.5	030251	SBC	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL fck=20MPa SAPATAS FUNDACOES	m ³	3,204	769,39	769,39	2.465,12	1,76 %
1.2			Viga Baldrame					12.424,91	8,87 %
1.2.1	96530	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m ²	32,04	203,30	203,30	6.513,73	4,65 %
1.2.2	96543	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	59	18,37	18,37	1.083,83	0,77 %
1.2.3	96545	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	89	16,41	16,41	1.460,49	1,04 %
1.2.4	96546	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	100	14,72	14,72	1.472,00	1,05 %
1.2.5	040131	SBC	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK 25 MPA PARA VIGAS	m ³	2,61	726,00	726,00	1.894,86	1,35 %
2			Superestrutura					93.360,89	66,64 %
2.1			Pilares					31.003,35	22,13 %
2.1.1	92409	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRASERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m ²	71,08	307,34	307,34	21.845,72	15,59 %

Apêndice C – Orçamento projeto estrutural convencional

2.1.2	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	K G	89	15,37	15,37	1.367,93	0,98 %
2.1.3	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	K G	253	13,19	13,19	3.337,07	2,38 %
2.1.4	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM.AF_06/2022	K G	195	11,21	11,21	2.185,95	1,56 %
2.1.5	103672	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m 3	3,45	657,01	657,01	2.266,68	1,62 %
2.2			Vigas					30.796,06	21,98 %
2.2.1	92446	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COMPONTELE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m 2	62,49	304,77	304,77	19.045,07	13,59 %
2.2.2	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM.AF_06/2022	K G	118	15,37	15,37	1.813,66	1,29 %
2.2.3	92761	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM.AF_06/2022	K G	211	14,55	14,55	3.070,05	2,19 %
2.2.4	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	K G	122	13,19	13,19	1.609,18	1,15 %
2.2.5	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	K G	50	11,21	11,21	560,50	0,40 %
2.2.6	103674	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m 3	6,98	673,01	673,01	4.697,60	3,35 %
2.3			Lajes					23.102,34	16,49 %
2.3.1	7393	ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intoreixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m 2	139,02	166,18	166,18	23.102,34	16,49 %
2.4			Escada					8.459,14	6,04 %

Apêndice C – Orçamento projeto estrutural convencional

2.4.1	101974	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 2 LANCES EM "U" E LAJE PLANA, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_11/2020	m ²	10,57	497,81	497,81	5.261,85	3,76 %
2.4.2	95945	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	K G	78	17,58	17,58	1.371,24	0,98 %
2.4.3	95946	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	K G	50	14,57	14,57	728,50	0,52 %
2.4.4	103675	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIASOU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m ³	1,67	657,22	657,22	1.097,55	0,78 %
3			Alvenaria de vedação					24.385,44	17,41 %
3.1	103328	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DEASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m ²	228,78	71,23	71,23	16.295,99	11,63 %
3.2	93188	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	16,75	96,69	96,69	1.619,55	1,16 %
3.3	93186	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	3,1	95,99	95,99	297,56	0,21 %
3.4	93187	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	27,3	108,84	108,84	2.971,33	2,12 %
3.5	93196	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	4,8	90,11	90,11	432,52	0,31 %
3.6	93197	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE MAIS DE 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	27,3	101,41	101,41	2.768,49	1,98 %

Total sem BDI
Total do BDI
Total Geral

140.097,96
0,00
140.097,96

MARIA EDUARDA DA CONCEIÇÃO SILVA

Apêndice D – Orçamento projeto estrutural ICF

Orçamento Sintético

Item	Código	Banco	Descrição	U n d	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			Fundação					22.375,05	16,42 %
1.1			Sapata corrida					21.926,92	16,09 %
1.1.1	96529	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m ²	30,6	365,47	365,47	11.183,38	8,21 %
1.1.2	96547	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	297	12,47	12,47	3.703,59	2,72 %
1.1.3	030251	SBC	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL fck=20MPa SAPATAS FUNDACOES	m ³	9,18	766,88	766,88	7.039,95	5,17 %
1.2			Viga de travamento					448,13	0,33 %
1.2.1	96530	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	m ²	0,89	203,30	203,30	180,93	0,13 %
1.2.2	96545	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	3	16,41	16,41	49,23	0,04 %
1.2.3	96547	SINAPI	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	K G	7	12,47	12,47	87,29	0,06 %
1.2.4	040131	SBC	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK 25 MPA PARA VIGAS	m ³	0,18	726,00	726,00	130,68	0,10 %
2			Superestrutura/Alvenaria					113.869,27	83,58 %
2.1			Fôrmas					76.144,24	55,89 %
2.1.1	0000000 1	Próprio	Fôrma 18 - Estrutural (Incluindo a montagem)	m ²	239,5	173,61	173,61	41.579,59	30,52 %
2.1.2	0000000 3	Próprio	Fôrma de Canto L - Estrutural (Incluindo a montagem)	m ²	21,42	181,67	181,67	3.891,37	2,86 %
2.1.3	0000000 2	Próprio	Fôrma 12 - Vedação (Incluindo a montagem)	m ²	25,5	159,61	159,61	4.070,05	2,99 %
2.1.4	031166	SBC	ACO CA-60 4,2mm (0,109 kg/m) CORTE/DOBRA COLOCADO EM FORMAS	K G	27	14,24	14,24	384,48	0,28 %
2.1.5	91601	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMOREFORÇO, VERGALHÃO DE 6,3 MM DE DIÂMETRO. AF_06/2019	K G	82	14,33	14,33	1.175,06	0,86 %

Apêndice D – Orçamento projeto estrutural ICF

2.1.6	91602	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMOREFORÇO, VERGALHÃO DE 8,0 MM DE DIÂMETRO. AF_06/2019	K G	804	13,52	13,52	10.870,08	7,98 %
2.1.7	99439	SINAPI	CONCRETAGEM DE EDIFICAÇÕES (PAREDES E LAJES) FEITAS COM SISTEMA DE FÔRMAS MANUSEÁVEIS, COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (EXCLUSIVE BOMBA LANÇA). AF_10/2021	m 3	19,755	677,47	677,47	13.383,41	9,82 %
2.1.8	021774	SBC	TAXA BOMBA (a partir 15MPa) PARA CONCRETO USINADO	m 3	19,755	40,00	40,00	790,20	0,58 %
2.3			Viga					5.201,00	3,82 %
2.3.1	92446	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COMPONTELE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m 2	15,15	304,77	304,77	4.617,26	3,39 %
2.3.2	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM.AF_06/2022	K G	5	15,37	15,37	76,85	0,06 %
2.3.3	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM.AF_06/2022	K G	17	13,19	13,19	224,23	0,16 %
2.3.4	103674	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m 3	0,42	673,01	673,01	282,66	0,21 %
2.4			Laje					23.825,22	17,49 %
2.4.1	7393	ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intoreixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m 2	143,37	166,18	166,18	23.825,22	17,49 %
2.5			Escada					8.698,81	6,38 %
2.5.1	101974	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA ESCADAS, COM 2 LANCES EM "U" E LAJE PLANA, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_11/2020	m 2	10,81	497,81	497,81	5.381,32	3,95 %
2.5.2	95945	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM.AF_11/2020	K G	70	17,58	17,58	1.230,60	0,90 %
2.5.3	95946	SINAPI	ARMAÇÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	K G	67	14,57	14,57	976,19	0,72 %

Apêndice D – Orçamento projeto estrutural ICF

2.5.4	103675	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m ₃	1,69	657,22	657,22	1.110,70	0,82 %
-------	--------	--------	---	----------------	------	--------	--------	----------	--------

Total sem BDI

136.244,32

Total do BDI

0,00

Total Geral

136.244,32

MARIA EDUARDA DA CONCEIÇÃO SILVA