

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DIOGO ERNESTO BEAL
MATEUS PADUA SOUSA**

**A VIABILIDADE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS NA CIDADE
DE PATO BRANCO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**DIOGO ERNESTO BEAL
MATEUS PADUA SOUSA**

**A VIABILIDADE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE
FORMS NA CIDADE DE PATO BRANCO – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Civil Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Volmir Sabbi

**PATO BRANCO
2021**

TERMO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC
A VIABILIDADE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS NA CIDADE DE PATO BRANCO-PR

Por

MATEUS PADUA SOUSA E DIOGO ERNESTO BEAL

Monografia apresentada às 15 horas 50 min. do dia 05 de maio de 2020. como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

| | |
|---|--------------------------------|
| Prof. Msc. JOSE MIGUEL ETCHALUS | Membro |
| Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO | Membro |
| Prof. Dr. VOLMIR SABBI | Orientador |
| Prof ^o . Dr ^a . ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI | Professor(a) responsável TCCII |



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **VOLMIR SABBI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 05/05/2021, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR(A) ORIENTADOR(A)**, em (at) 06/05/2021, às 20:00, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **NORMELIO VITOR FRACARO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 10/05/2021, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **JOSE MIGUEL ETCHALUS, CHEFE DE DEPARTAMENTO ACADÊMICO**, em (at) 10/05/2021, às 11:40, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **2007669** e o código CRC (and the CRC code) **A900B207**.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à nossa família, amigos e todos que contribuíram de alguma forma para nossa graduação.

RESUMO

BEAL, Diogo Ernesto; SOUSA, Mateus Padua. **A VIABILIDADE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS NA CIDADE DE PATO BRANCO – PR.** 85 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

Esse trabalho tem como objetivo o estudo comparativo entre o método construtivo convencional de Concreto Armado com o de Insulated Concrete Forms, a fim de verificar a viabilidade da implantação deste na construção de residências unifamiliares em Pato Branco -PR. Para chegar ao resultado esperado, foram comparados a viabilidade técnica e econômica da obra, como prazo, sustentabilidade, desempenho térmico e orçamento, a fim de propor uma nova estratégia de construção sustentável para obras de padrão popular. Este estudo é importante para profissionais e acadêmicos da construção civil, elencando as vantagens e desvantagens do método com formas de EPS, incentivando um possível aumento de demanda para a utilização deste sistema e avanço de tecnologias e técnicas construtivas para a área.

Palavras chave: Conforto térmico. Formas de EPS. Insulated Concrete forms. Sistemas Construtivos.

ABSTRACT

BEAL, Diogo Ernesto; SOUSA, Mateus Padua. **VIABILITY OF THE INSULATED CONCRETE FORMS CONSTRUCTION METHOD IN PATO BRANCO - PR.** 85 pages. Completion of Course Work to Bachelor's Degree in Civil Engineering – Federal Technology University of Paraná. Pato Branco, 2021.

This project has as objective the comparative study between the Reinforced Concrete construction method with Insulated Concrete Forms, to verify the feasibility of its implementation in the construction of single-family homes in Pato Branco-PR. To achieve the expected result, the technical and economic viability of the methods was compared, such as term, sustainability, thermal performance and budget, in order to propose a new sustainable construction strategy for popular standard constructions. This study is important for professionals and academics of civil engineering, listing the advantages and disadvantages of the method with forms of EPS, encouraging a possible increase in demand for the use of this system and advancement of technologies and construction techniques for the field.

Keywords: Thermal comfort. EPS Forms. Insulated Concrete Forms. Construction Systems.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Edificação com uso de alvenaria convencional Fonte: Pedreira (2019).. | 15 |
| Figura 2 - Revestimentos em argamassa Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)..... | 15 |
| Figura 3 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal | 17 |
| Figura 4 - Bloco Cerâmico de vedação com furos na vertical..... | 17 |
| Figura 5 - Sistema ICF com espaçadores de plástico Fonte: icfmag (2019)..... | 18 |
| Figura 6 - Sistemas ICF e convencional aliados Fonte: Autoria própria | 23 |
| Figura 7 - Instalações Hidráulicas embutidas | 24 |
| Figura 8 - Aberturas de esquadrias sistema ICF Fonte: Autoria própria | 24 |
| Figura 9 – Aplicação de argamassa de revestimento | 25 |
| Figura 10 - Cobertura de madeira em sistema ICF Fonte: ICF Construtora Inteligente (2021)..... | 26 |
| Figura 11 - Parede de ICF com formas prontas para laje Fonte: Autoria própria | 27 |
| Figura 12 - Carta de Givoni | 32 |
| Figura 13 - Exemplo do Selo Procel Edificações e de etiqueta PBE Edifica | 35 |
| Figura 14 – Fluxograma | 38 |
| Figura 15- Residência ICF 3D | 41 |
| Figura 16 - Layout Residência Unifamiliar Fonte: Autoria própria | 42 |
| Figura 17 - iFORMS 12 vistas Fonte: ICF Construtora, 2020 | 43 |
| Figura 18 - iForms 18 Vistas Fonte: ICF Construtora, 2020 | 44 |
| Figura 19 – Maquete eletrônica da residência no Domus..... | 46 |
| Figura 20 - Paredes ICF | 48 |
| Figura 21 - Paredes de Alvenaria Convencional | 48 |
| Figura 22 - Configuração climática no Domus Procel Fonte: Autoria própria | 49 |
| Figura 23 - Carta de Givoni | 53 |
| Figura 24 - Canteiro de obras ICF | 61 |
| Figura 25 - Disposição das formas ICF no canteiro de obras..... | 61 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Relação PPD e PMV Fonte: Fanger (1970)..... | 31 |
| Gráfico 2- Média de precipitação anual em Pato Branco Fonte: Climate-Data (2021) | 40 |
| Gráfico 3 - Média de temperatura anual em Pato Branco Fonte: Climate-Data (2021)..... | 40 |
| Gráfico 4 - PMV com icf e convencional na zona 1 | 55 |
| Gráfico 5 - PPD dos métodos ICF e Convencional na Zona 1 Fonte: Autoria Própria | 56 |
| Gráfico 6 - PMV dos métodos ICF e Convencional na Zona 2 Fonte: Autoria própria | 57 |
| Gráfico 7 - PPD ICF e convencional na Zona 2 Fonte: Autoria Própria | 58 |
| Gráfico 8 - PMV ICF e Conencional para Zona 03 Fonte: Autoria Própria | 59 |
| Gráfico 9 - PPD ICF e Convencional para Zona 03. Fonte: Autoria Própria | 60 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Resistência à compressão (<i>fb</i>)..... | 17 |
| Tabela 2 - Escala de sensação térmica Fonte: Fanger (1970)..... | 30 |
| Tabela 3 - Informações climáticas de Pato Branco Fonte: Climate-Data (2021) | 41 |
| Tabela 4- Dados técnicos e rendimentos ICF Fonte: ICF Construtora Inteligente, 2021. | 44 |
| Tabela 5 – PMV e PPD do método ICF Tabela 6 - PMV e PPD do método convencional | 55 |
| Tabela 7 - Resultados das simulações de PMV e PPD Fonte: Autoria Própria | 56 |
| Tabela 8 - Resultados de PMV e PPD para Zona 03. Fonte: Autoria Própria..... | 58 |
| Tabela 9 - Resumo do orçamento das etapas em comum. Fonte: Autoria Própria ... | 63 |
| Tabela 10 - Resumo de orçamento das etapas de alvenaria convencional. Fonte: Autoria Própria. | 63 |
| Tabela 11 - Resumo do orçamento das etapas do sistema ICF. Fonte: Autoria Própria..... | 64 |
| Tabela 12 - Orçamento resumido com sistema ICF. Fonte: Autoria Própria | 64 |
| Tabela 13 - Orçamento resumido com sistema convencional. Fonte: Autoria Própria. | 64 |
| Tabela 14 - Custo Unitário Básico (CUB) ICF. Fonte: Autoria Própria..... | 64 |
| Tabela 15 - Custo Unitário Básico (CUB) do sistema convencional. Fonte: Autoria Própria,..... | 65 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 10 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 10 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 10 |
| 1.1.3 | Justificativa | 11 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 | ALVENARIAS | 13 |
| 2.2 | SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL | 14 |
| 2.2.1 | Blocos Cerâmicos de Vedação | 16 |
| 2.3 | INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) | 18 |
| 2.3.1 | Características | 19 |
| 2.3.2 | Metodologia de construção do sistema ICF | 21 |
| 2.3.3 | Vantagens e Desvantagens | 27 |
| 2.4 | CONFORTO TÉRMICO | 29 |
| 2.5 | SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 32 |
| 2.5.1 | Certificação LEED | 33 |
| 2.5.2 | Selo Procel Edificações | 34 |
| 2.6 | QUANTITATIVO E ORÇAMENTAÇÃO DA OBRA | 35 |
| 3 | METODOLOGIA | 38 |
| 3.1 | FLUXOGRAMA | 38 |
| 3.2 | ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA | 39 |
| 3.3 | CIDADE DE PATO BRANCO - PR | 39 |
| 3.4 | PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR | 41 |
| 3.5 | FORMAS ICF | 42 |
| 3.6 | CONFORTO TÉRMICO | 45 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.6.1 | <i>Analysis Bio 2.2</i> | 45 |
| 3.6.2 | <i>Domus - Procel Edifica</i> | 45 |
| 3.7 | SUSTENTABILIDADE | 51 |
| 3.8 | QUANTITATIVO E ORÇAMENTO | 51 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 4.1 | CONFORTO TÉRMICO | 53 |
| 4.1.1 | Carta bioclimática de Givoni..... | 53 |
| 4.1.2 | Comparação dos Métodos Construtivos com o Software Domus | 54 |
| 4.2 | SUSTENTABILIDADE | 60 |
| 4.2.1 | Sustentabilidade do sistema ICF..... | 60 |
| 4.3 | QUANTITATIVO E ORÇAMENTO | 62 |
| 5 | CONCLUSÃO | 66 |
| | REFERENCIAS | 68 |
| | ANEXOS | 72 |
| | ANEXO A | 72 |
| | ANEXO B | 77 |
| | ANEXO C | 80 |
| | ANEXO D | 82 |
| | ANEXO E | 83 |

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem passando por mudanças jurídicas e culturais devido a uma crescente preocupação da população mundial com relação à questão da sustentabilidade. O fato é que o ramo gera diversos tipos de impactos ambientais em seus variados processos. Além disso, a fim de se adaptar ao cotidiano atual, as edificações sofrem modificações, tanto reformas, como também em alguns casos, edifícios são demolidos para construção de novos e maiores na mesma localização.

Em algumas cidades, a fim de aumentar as áreas verdes e diminuir o calor e alagamentos, são criadas leis que preveem medidas ambientais para o caso de novas obras, como o uso obrigatório de telhado verde ou a instalação de reservatórios para captação da água da chuva, a título de exemplo pode-se citar a cidade de Recife com a sanção da Lei Municipal 18.112/2015.

Novas tecnologias também se fazem necessárias para a evolução do setor, tanto ambientalmente quanto economicamente. No quesito de Alvenarias, percebe-se que a maneira mais utilizada para construção no Brasil é a que utiliza como material blocos cerâmicos, método que é utilizado desde milênios antes de Cristo, e que foi aprimorado até chegar no modelo atual.

Nota-se a necessidade de estudos que permitam evidenciar a eficácia e a sustentabilidade de sistemas construtivos que possam vir a substituir o modelo atual e que ao mesmo tempo, comprovem a viabilidade ou não dos mesmos.

Neste caso, temos o Insulated Concrete Forms (ICF), um método construtivo baseado em sistemas de concreto armado autoportante e termoisolantes de poliestireno expandido (EPS). O esquema consiste em formas de isopor, com cavidades no sentido horizontal e vertical, encaixadas ao redor de armações de aço e, posteriormente, concretadas no interior. As formas continuam na construção, protegendo a estrutura tanto interna quanto externamente, sendo cortadas apenas conforme a necessidade da instalação de tubulações (ICF Construtora Inteligente, 2019).

A técnica de usar formas de EPS na construção civil começou a ser desenvolvida na Europa após a Segunda Guerra Mundial para restaurar construções danificadas. Essa técnica passou a ser mais difundida na América do Norte, quando

expirou a patente do produto em 1960 e foram utilizadas novas técnicas para elaboração das formas (PIERSON, 2011). Hoje é um método conhecido mundialmente, porém ainda não muito difundido no Brasil.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo responder a seguinte questão: O uso do sistema construtivo ICF é viável na construção de residências unifamiliares na cidade de Pato Branco?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise a respeito da viabilidade do sistema construtivo ICF em residências unifamiliares na cidade de Pato Branco. Para tal, o presente método é comparado com o principal método utilizado na região, que utiliza blocos cerâmicos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Estão listados abaixo os objetivos específicos do trabalho:

- Realizar levantamento bibliográfico e histórico a respeito do sistema construtivo;
- Elencar as vantagens e desvantagens do método, bem como suas aplicações na construção civil;
- Averiguar o nível de sustentabilidade que o referido processo construtivo proporciona à obra;
- Levantar o quantitativo de materiais e mão de obra a serem utilizados em um mesmo projeto utilizando os dois sistemas construtivos;
- Comparar os custos, tempo de execução e o desempenho térmico.

1.1.3 Justificativa

O setor da construção civil desempenha um grande papel no desenvolvimento social e econômico, porém, trata-se de um dos setores mais poluentes do planeta, tanto na geração de resíduos quanto na fabricação dos materiais empregados. Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2019), o setor é responsável pela geração de 60% de todo lixo sólido urbano, dos quais, até 70% poderiam ser reaproveitados.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019, p. 1), denomina construção sustentável como “[...]um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam a sustentabilidade da edificação”. A partir disso, busca-se encontrar inovações e meios construtivos que tenham menor impacto e ao mesmo tempo fomentem maior qualidade no âmbito da construção civil.

Na cidade de Pato Branco, foram geradas mais de 100.000 toneladas de resíduos sólidos oriundos da construção civil apenas nos anos de 2014 e 2015, de acordo com um estudo de caso feito por alunos da UTFPR em 2016. Observa-se um aumento populacional e crescimento urbano na cidade devido principalmente ao número de universidades e expansão destas, fato que reflete no fortalecimento do setor da construção civil (CAMENAR; SCHEID, 2016).

O sistema construtivo mais utilizado na região para alvenarias (tanto estruturais quanto vedação) é o de blocos cerâmicos, aliados ou não ao concreto armado. O modo de construir alvenarias com blocos cerâmicos é predominante no Brasil devido à forte cultura construtiva brasileira e a maior desvantagem do sistema é o seu tempo de execução (SOUZA, 2012).

Como o âmbito da construção civil está em constante desenvolvimento, verifica-se um aumento na busca por tecnologias e inovações viáveis para suprir as necessidades econômicas, técnicas e sustentáveis da categoria. Frente a isso, o sistema Insulated Concrete Forms (ICF) – Formas Isolantes Para Concreto surge como uma alternativa para substituir o sistema convencional utilizado na região.

As formas para concreto armado foram avaliadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT/SP) e atendem a norma de desempenho

da ABNT (NBR 15.575, 2013). Trata-se de um material ecologicamente correto, CLASSE-F antichama, e 100% reciclável (não contém Cloro Fluor Carbono (CFC)).

A ICF Construtora Inteligente (2019) informa que a produção do material tem baixo consumo de energia, seu processo construtivo gera percentual baixíssimo de resíduos (3%); ainda proporciona rapidez na construção, robustez e alto isolamento térmico e acústico; além de outras vantagens.

Frente a isso, este trabalho tem por objetivo apresentar ambos os processos construtivos, o convencional com blocos cerâmicos, difundido na região e consolidado no mercado, e o processo construtivo que faz uso do ICF, a fim de contemporizar quanto a sua viabilidade na região, onde o mesmo ainda é pouco conhecido.

A viabilidade do projeto é assegurada devido ao contato com empresa representante do sistema na região, interessada em difundir o processo e ser reconhecida no mercado, para tanto fornecerá protótipos e projetos necessários à elucidação dos objetivos deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ALVENARIAS

As alvenarias consistem de aglomerados maciços, compostos por elementos naturais ou artificiais, que são ligados de modo que formem uma estrutura estável, seja pela maneira como os materiais estão predispostos, ou pela utilização de argamassa. Servem para a execução de edifícios, podendo utilizar materiais como pedras, tijolos, blocos cerâmicos ou de concreto, dentre outros materiais (Martins, 2009).

Sabe-se que a prática de construir alvenarias é utilizada desde tempos que remetem à antiguidade, sendo que com o passar do tempo técnicas foram aprimoradas e são utilizadas até os dias atuais.

“Embora os povos pré-históricos edificassem abrigos e construções funerárias, a cidade de Jericó constitui o estabelecimento urbano mais antigo que embora neolítico, pois existia já cerca de 7000 a.C., apresenta manifestações arquitetônicas monumentais. Tratava-se de uma cidade fortificada em frente ao Rio Jordão que dispunha de sólidas muralhas cilíndricas e edifícios com paredes de adobe e tijolo cozido ao sol, em alguns casos cobertas com estuque pintado.” (SOUZA, 2003, p. 5).

As alvenarias podem ser diferenciadas em dois tipos conforme sua função: estrutural ou de vedação. Quanto à vedação, tem como função somente separar ambientes externos e internos, suportando somente seu peso. Já as alvenarias estruturais, por ter maior resistência mecânica, com as devidas técnicas podem substituir o emprego de vigas e pilares e agir como uma armadura para a edificação.

2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL

A escolha do sistema construtivo para determinado projeto é de grande importância, pois é o que definirá as futuras características da obra após seu término, bem como influenciará diretamente nos custos e tempo de edificação.

Na região de Pato Branco, o sistema construtivo mais utilizado para alvenarias é o método convencional, o qual utiliza blocos cerâmicos com função de vedação, sendo complementado com estruturas de concreto armado. Neste método, o volume da alvenaria é composto de 80 a 95% por blocos cerâmicos, sendo fundamentais na sua construção, pois é o material determinante das características da parede (PARSEKIAN; SOARES, 2010, p.24).

O peso de uma edificação convencional é distribuído por seus elementos estruturais, como vigas, lajes, pilares, e fundação, ou seja, é utilizado o concreto armado como uma espécie de esqueleto da edificação. Portanto, alvenaria não-portante não contribui de forma direta para a estrutura e é assentada sobre uma base, além disso é possível realizar cortes na alvenaria sem que haja interferência na estrutura.

O concreto armado consiste da utilização do concreto simples, o qual envolve um material resistente à tração, sendo comumente utilizadas barras de aço. Sendo que o concreto é responsável por absorver as tensões de compressão e a armadura encarregada de absorver as tensões de tração (BASTOS, 2006).

Para Giongo (2006, pg. 1), “[...] o concreto armado é um material que pela sua própria composição se adapta a qualquer forma estrutural atendendo, portanto, a inúmeras concepções arquitetônicas, como atestam as edificações existentes pelo país”.



Figura 1 - Edificação com uso de alvenaria convencional
Fonte: Pedreira (2019)

O método tradicional de levantar alvenarias de vedação, ilustrado na figura 1, é um serviço relativamente fácil e artesanal, o qual não demanda de mão de obra especializada, porém, é preciso ter atenção no processo de levantamento, pois uma má execução dos serviços pode acarretar em futuras manifestações patológicas.

Os blocos cerâmicos são assentados com o uso de argamassa, em fiadas horizontais, sempre realizando a verificação de prumo. Após o término de levantamento, as paredes são cortadas para que se possa realizar as instalações elétricas e hidrossanitárias.

Por fim, é feito o revestimento da alvenaria, que consiste de chapisco, responsável pelo aumento da aderência, o emboço, encarregado de regularizar a superfície, e reboco para dar o acabamento final, como representado na figura 2.

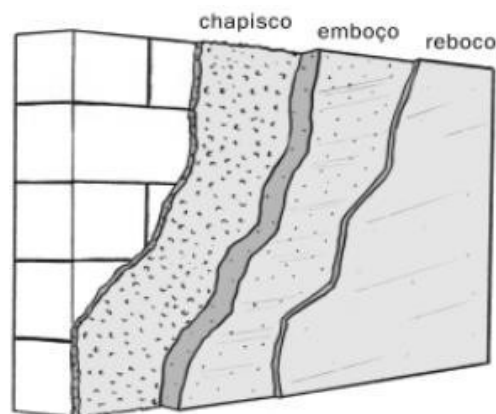


Figura 2 - Revestimentos em argamassa
Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)

Existe grande demanda de mão de obra para esse tipo de serviço, porém, geralmente a mão de obra não é especializada, o que estimula desperdícios de material e retrabalhos. Além disso, segundo Hass e Martins (2011), o fato de a alvenaria convencional ser feita *in loco* acarreta em demora no término do processo de levantamento.

2.2.1 Blocos Cerâmicos de Vedação

Blocos cerâmicos são materiais comumente empregados no levantamento de alvenarias. Sua principal matéria prima é a argila, com ou sem aditivos, sendo fabricados por conformação plástica e queimados a temperaturas elevadas. Trata-se do material predominante na alvenaria convencional.

Segundo Santos (2014), a utilização da argila queimada, cerâmica comercial e cerâmica industrial foi de grande importância no desenvolvimento da humanidade, são datadas desde 14.000 a.C.

Na NBR 15270-1:2005 (ASSOCIAÇÃO..., 2005, p. 1) o bloco cerâmico de vedação está definido como “[...] componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm”, ela informa também que os furos podem ser tanto na vertical, quanto na horizontal, como exemplificado nas figuras 3 e 4.

Figura 3 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal

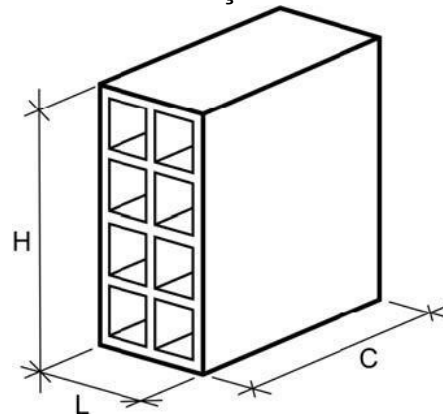
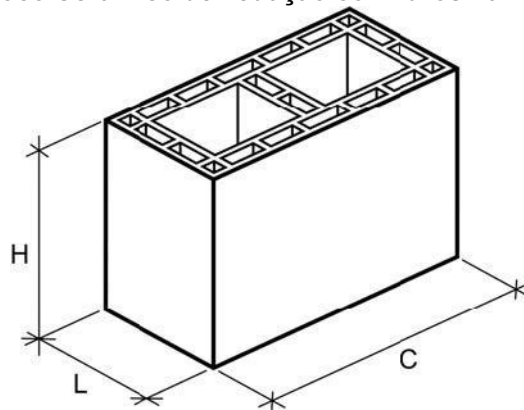


Figura 4 - Bloco Cerâmico de vedação com furos na vertical



Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005. p.2.

A mesma norma fornece os valores mínimos indicados de resistência a compressão dos blocos, os que devem ser atendidos:

Tabela 1 - Resistência à compressão (f_b)

| Posição dos furos | f_b MPa |
|---|------------|
| Para blocos usados com furos na horizontal (figura 3) | $\geq 1,5$ |
| Para blocos usados com furos na vertical (figura 4) | $\geq 1,5$ |

Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005. p. 8.

2.3 INSULATED CONCRETE FORMS (ICF)

As formas ICF são materiais produzidos a partir de poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido no Brasil como isopor (marca registrada da empresa Knauf Isopor Ltda).

Diversas empresas fabricam as formas, mas cada uma as com dimensões e especificações distintas. Segundo Orçatti (2016), dentre as tecnologias utilizadas na construção civil, o ICF é uma das mais seguras e eficientes, sendo utilizada há mais de 40 anos em vários países do mundo.

As formas são constituídas por placas de EPS de alta densidade com encaixes laterais em forma de macho e fêmea gerando intertravamento entre as mesmas, não necessitando de argamassa para sua união, ou seja, estas formas são montadas como se fossem “legos” que, segundo a ICF Construtora (2019), não necessitam de mão de obra qualificada.

O interior das formas é preenchido com concreto armado, seja utilizando aço, separadores plásticos ou a união de ambos (Figura 5). O sistema garante uma construção mais sustentável por maior eficiência energética, baixo custo de materiais, versatilidade e agilidade em seus processos (MIRCEA; CRUTESCU, 2010).

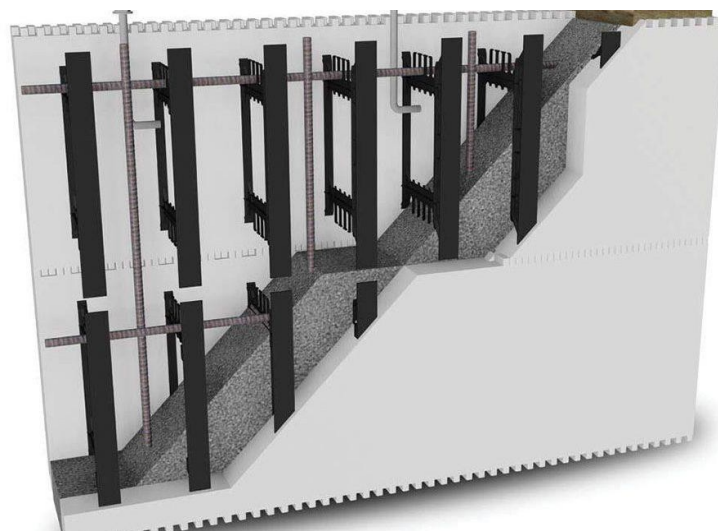


Figura 5 - Sistema ICF com espaçadores de plástico
Fonte: icfmag (2019)

O poliestireno expandido (EPS), matéria prima das formas ICF foi descoberto pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, no ano de 1949, enquanto trabalhavam nos laboratórios da empresa BASF, na Alemanha. Trata-se de um material isolante e inodoro proveniente do petróleo (TERMOVALE, 2020).

Segundo Oliveira (2013), o EPS ganhou uma posição estável na construção civil devido à sua leveza, resistência, facilidade de trabalhar, baixo custo e características isolantes.

A primeira forma de isopor para concreto armado teve sua patente apresentada pelo empreiteiro canadense Werner Gregori por volta de 1967. Segundo ele, a inspiração veio enquanto utilizava uma caixa de isopor para manter sua bebida gelada. Ele percebeu que se pudesse utilizar o EPS de alguma forma em suas obras talvez pudesse reduzir custos de construção e horas de trabalho, além de fazer uso de mão de obra não qualificada (PIERSON, 2011).

Com o passar dos anos e com o aprimoramento do sistema, verificou-se que as paredes constituídas de ICF conseguiram reduzir custos energéticos de edificações, além de proporcionar diversas vantagens, conseqüentemente, esta técnica passou a ser aceita em diversas jurisdições do mundo.

Inicialmente difundidas na América do Norte, há mais de 40 anos as formas constituem edificações pelo mundo, no Brasil elas foram avaliadas pelo IPT/SP e atenderam as normas de desempenho da ABNT NBR 15.575:2013 e são utilizadas para levantamento de alvenarias de edificações desde pequeno até grande porte, comprovando sua eficiência.

2.3.1 Características

O sistema autoportante de formas em EPS representa um material leve e prático de se trabalhar, utilizando apenas de ferramentas simples na montagem do sistema, sendo elas, trena, nível, serrote e estilete. Seu processo rápido de levantamento ocasiona diminuição de custos de mão de obra, tendo uma eficiência que pode, segundo a ICF Construtora, chegar até três vezes maior se comparada com o sistema convencional.

Trata-se de um processo que não é pré-fabricado, e que proporciona maior sustentabilidade à obra, tendo a maior pontuação de sistemas construtivos com certificação de sustentabilidade do Green Building Council (ICF Construtora, 2019).

O fato de o material ser constituído de EPS o torna leve, conseqüentemente, fácil de transportar, dispensando assim o uso de máquinas e equipamentos para a carga e descarga, bem como acarreta em redução no peso de carga das fundações. As paredes depois de montadas e revestidas têm peso médio de 135 kgf/m², enquanto uma alvenaria convencional pesa de 220 a 240kgf/m² (ISOCRET-ICF, 2019).

Mais do que serem facilmente transportadas, as formas são facilmente montadas no canteiro de obra, agilizando todo o processo de levantamento da alvenaria. A ISOCRET-ICF relata o levantamento de uma obra de 4.500 metros quadrados em menos de 90 dias, e ainda salienta ter entregue a obra com o mínimo de defeitos possíveis, além de atingir economia significativa em mão de obra.

A função das formas inicialmente é moldar o concreto e resistir às pressões do lançamento do mesmo até que ele adquira resistência suficiente para se auto sustentar (Orçatti, 2016). Quando o concreto secar e adquirir resistência, ele irá formar um conjunto entrelaçado de vigas e colunas, concebendo assim uma parede monolítica de alta resistência.

A camada de isopor auxilia ainda na proteção do interior de concreto armado, evitando que haja problemas relacionados a umidade, fungos e bactérias, bem como o torna isento de patologias relacionadas a trincas, rachaduras e fissuras (ICF Construtora, 2019). Quando terminado o processo de cura do concreto, o EPS servirá de suporte para os revestimentos, bem como suporte para decorações e adereços que possam estar sendo fixados na alvenaria.

A respeito das limitações de pavimentos utilizando esse tipo de sistema, a ARXX (2019), detentora de um modelo de formas, informa que com sua tecnologia pode-se construir até 5 pavimentos, a partir disso deve-se aliar o uso de concreto armado para vencer as limitações.

2.3.2 Metodologia de construção do sistema ICF

Estão elencadas e elucidadas neste tópico as diretrizes dos processos construtivos do sistema de formas ICF.

2.3.2.1 Fundações

Quanto às fundações, recomenda-se utilizar fundações superficiais, preferencialmente radier, sapata corrida ou sapata isolada com viga baldrame, devido ao fato de que no presente método as cargas são distribuídas pela alvenaria, fazendo com que gere maiores esforços em sua base se comparados aos gerados por alvenarias convencionais, as quais tem suas cargas distribuídas por pilares e vigas.

Segundo a ABNT NBR 6122:1996 que trata a respeito de Projeto e execução de fundações, radier é um elemento que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos, similar à sapata corrida que recebe cargas distribuídas linearmente.

Ademais, segundo Orçatti (2016), os tipos de fundações mencionados ajudam na demarcação do perímetro da parede e ainda orientam o posicionamento correto das formas.

A ICF Construtora (2019) informa que a partir da base concretada são predispostas barras de aço pré-dimensionadas verticalmente a cada 24 centímetros. A partir disso é montada a primeira fiada de formas, podendo ela ser fixada juntamente com a cura da base, ou concretada posteriormente, sendo de extrema importância a atenção ao correto nivelamento e posicionamento, evitando retrabalhos e eventuais problemas futuros.

Um passo importante realizado ainda na fundação é a decisão a respeito da metodologia em que irão se dispor os arranques. Segundo a ICF Construtora (2021), pode-se posicionar as barras em “L”, posicionadas e amarradas na armadura da fundação anteriormente à concretagem, como também é possível lançar os arranques antes da cura total do concreto da fundação ou após a concretagem e cura, perfurando a estrutura e fixando o arranque com adesivo estrutural de base epóxi.

2.3.2.2 Estrutura, vedação e instalações

Com as barras de arranque já posicionadas e amarradas na fundação, é necessário marcar a posição das formas através de um gabarito antes de começar a disposição das mesmas. A colocação da primeira fiada de formas é de grande importância para o resto da obra, deve ser conferido o nível, prumo, esquadro e alinhamento, o sistema é de intertravamento e encaixe, logo, se a primeira fiada não estiver de acordo, todas as camadas subsequentes estarão fora da normalidade.

A primeira fiada de formas é então predisposta em torno às barras de arranque, após todas as verificações ela é travada com argamassa (cimento e areia) ou com concreto, para que após isso ela seja concretada e adquira sustentação na base. Para os cantos de parede, as formas podem ser cortadas em suas extremidades para que se encaixem e permitam o transpasse das barras de aço horizontais. Essas barras são colocadas acima de cada camada de formas, perpendicularmente às barras verticais. Elas devem ser fixadas nas intersecções com presilhas plásticas ou arame, além de que a barra horizontal deve intercalar o lado que passa por cada barra vertical, a fim de aumentar o travamento da alvenaria.

Conforme são levantadas as fiadas de formas, é feita concretagem para que adquira estabilidade, além de eliminar a necessidade de fazer o escoramento da parede, reduzindo o uso de madeira. O concreto usado deve ser de no mínimo 15 MPa (ICF Construtora, 2019), sendo recomendado o concreto de 20 MPa e Slump 16-20, utilizando obrigatoriamente a brita 0 (pedrisco).

A concretagem pode ser realizada tanto de maneira manual como por meio de bomba, com a necessária proteção dos dentes das formas para evitar que atrapalhe na montagem das formas superiores. Para a concretagem utilizando bombas, buscando maior rendimento, concretase a parede, havendo assim a necessidade de travamento por meio de escoras de madeira, as quais devem ser fixadas tanto no interior quanto no exterior das paredes.

A cura e hidratação acontecem em condições ideais, devido às características das formas e seu sistema (Orçatti, 2016), não havendo problema em realizar os procedimentos com tempo chuvoso, pois a área onde o concreto pode molhar é muito pequena, ajudando na cura do concreto. Seu adensamento pode ser por meio de equipamento vibratório o qual deve ser pressionado nas formas.

Nota-se que o diâmetro das barras de aço, bem como a resistência do concreto e a escolha da forma são calculados na fase de projeto, e pode-se aliar ao sistema ICF alguns elementos de construção convencional, tanto estruturais quanto de vedação, decorrentes das necessidades de projeto estrutural ou arquitetônico (Figura 6).



Figura 6 - Sistemas ICF e convencional aliados
Fonte: Autoria própria

Nessa fase de levantamento das alvenarias opta-se por realizar as instalações elétricas e hidrossanitárias, podendo passar pelo interior das formas as tubulações e eletrodutos. Para isto basta perfurar a forma no ponto desejado da instalação, ficando ela embutida no concreto e com sua abertura para fora da forma (Orçatti, 2016). Porém, desta maneira a parede perde em capacidade estrutural, pois as instalações ocuparão o lugar de concreto, além de dificultar na manutenção dos sistemas. Portanto a maneira mais indicada de realizar as instalações é cortar a forma de EPS utilizando a ferramenta faca quente de EPS, ou outra ferramenta cortante, assim a instalação fica embutida em meio às formas (Figura 7), podendo ser rebocada posteriormente, não afetando a estrutura e facilitando em uma eventual manutenção.



Figura 7 - Instalações Hidráulicas embutidas
Fonte: ICF Construtora Inteligente (2021)

As aberturas de esquadrias são feitas da maneira convencional, utilizando escoras, sem necessidade de verga e contraverga, as aberturas não necessitam de cortes na alvenaria, pois elas já são moldadas no levantamento das paredes (Figura 8).



Figura 8 - Aberturas de esquadrias sistema ICF
Fonte: Autoria própria

Como se trata de um sistema autoportante, a parede adquire aspecto nivelado, fazendo com que não haja desperdício de materiais na realização do revestimento das formas. Este por sua vez é similar ao utilizado em construções convencionais, com uso de reboco simples ou uso de cerâmicas e afins (Orçatti, 2016).

A ICF construtora (2019) recomenda uso de chapisco de argamassa de cimento colante com resina polimérica para uso próprio em EPS. Aplicando-se 72 horas depois o reboco, o qual tem espessura que varia entre 15 a 20 mm, constituídas de cimento, areia fina e resina polimérica, no traço $1:3\frac{1}{2}$.

Vale ressaltar que o sistema aceita qualquer tipo de revestimento, o reboco externo pode ser feito de maneira convencional, como na figura 9, e o interno pode ser feito tanto com gesso na composição da argamassa, revestimento com placa de gesso ou cerâmico assentado com argamassa ACIII.



Figura 9 – Aplicação de argamassa de revestimento
Fonte: ICF Construtora Inteligente (2021)

A fixação de objetos nas paredes pode ser utilizando buchas tipo fly para cargas de até 40kg, já para cargas acima de 40kg recomenda-se a utilização de buchas maiores, que sejam fixadas no concreto armado.

2.3.2.3 Lajes, forros e cobertura

Os forros e coberturas podem ser feitos da maneira convencional, o sistema permite que utilize desde métodos mais leves, como forro de PVC aliado a estrutura de madeira, a métodos mais pesados, como lajes protendidas, maciças ou pré-moldadas.

As lajes pré-moldadas/treliçadas são utilizadas em vãos de até 8 metros, para vãos de até 12 metros as vigotas protendidas vem a ser uma boa solução (ICF Construtora, 2021). As paredes é que exercem a função estrutural de suportar as cargas de cobertura e seus carregamentos, diferente do sistema convencional que utiliza vigas e pilares para transmitir as cargas até a superestrutura (Figura 10).



Figura 10 - Cobertura de madeira em sistema ICF
Fonte: ICF Construtora Inteligente (2021)

As formas ainda têm a vantagem de ser usadas como caixarias para a laje, como mostrado na figura 11, efetuando um corte na sua face interna e predispondo as escoras para que possam realizar o travamento da laje. Nota-se na imagem abaixo algumas formas superiores já cortadas na face interna para serem utilizadas como caixarias da laje.



Figura 11 - Parede de ICF com formas prontas para laje
Fonte: Autoria própria

2.3.3 Vantagens e Desvantagens

Estão elencadas abaixo as principais vantagens e desvantagens do sistema ICF perante o convencional, que utiliza alvenarias de blocos cerâmicos e estruturas de concreto armado. As informações foram obtidas de fontes como Orçatti (2016), TECdream (2019), e acervos digitais de empresas que atuam no ramo, como a ICF Construtora, ISOCRET-ICF, e a ARXX. O sistema nos fornece as seguintes vantagens:

- Redução de resíduos na obra, tendo média menor de 3%, pois não há necessidade de após o levantamento da parede e concretagem, a remoção de madeira, entulhos e/ou equipamentos.
- Material 100% reciclável e com baixo consumo de energia em sua produção;

- Alto isolamento térmico, reduz custos de aquecimento em até 40%, tendo aliado a este, alto isolamento acústico interno e externo da edificação;
- Fácil transporte, sem necessidade de máquinas ou equipamentos para realizar trabalhos de carga e descarga, bem como deslocamento dentro do canteiro de obras. Consequentemente, reduz o tempo de execução da obra, além de ter maior eficiência na mão-de-obra, necessitando de equipes menores e que podem não ser especializadas;
- Montagem e estocagem facilitadas pela forma do material, a qual ainda proporciona a possibilidade de se adaptar a conceitos arquitetônicos simples ou até mesmo mais ousados. Com apenas uma ferramenta de corte pode-se utilizar a forma da maneira que for necessária para se adequar a qualquer formato e tamanho de abertura;
- Dias chuvosos não afetam o andamento da obra, pelo fato de que o mínimo de material de proteção é necessário para continuar com os processos construtivos;
- Resistência a fogo comprovada em testes realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica);
- Instalações elétricas e hidráulicas são realizadas de maneira fácil, apenas cortando a camada de EPS, sem que haja cortes na parede e geração de resíduos não recicláveis;
- As formas facilitam a concretagem, pois fornecem as condições ideais para a cura, mantendo a hidratação do concreto por mais de 180 dias. Consequentemente, a força projetada pode ultrapassar os 125% em comparação a métodos convencionais, ou seja, com menor custo o concreto adquire a resistência de projeto;
- Resistente a abalos sísmicos e furações.

A respeito das desvantagens, temos:

- Sistema pouco difundido no mercado brasileiro, o que faz com que haja certa desconfiança e gere dificuldades na implementação de novos projetos;
- Reformas e remodelações em edificações que utilizam este método são dificultadas, pois a parede é estrutural, afetando toda a obra, além de ser maciça;
- Há poucas fábricas do produto no país, fazendo com que haja custos maiores de locomoção, além de que o material é leve, fazendo com que ocupe grande espaço de carga com pouco peso;
- Sistema tem limitação de número de pavimentos, apesar de não haver normas que regulamentem. Para cada tipo de forma fabricada por independentes empresas há números de pavimentos máximos recomendados, após isso é recomendado o uso de concreto armado convencional aliado ao sistema ou outras técnicas quando são obras de porte maior.
- Poucas informações normativas e informativas a respeito de todos os processos que envolvam o sistema, desde metodologia construtiva até concepção dos cálculos estruturais.

2.4 CONFORTO TÉRMICO

O ser humano precisa liberar calor suficiente para que sua temperatura interna se mantenha na casa dos 37°C, e quanto mais fácil a troca de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem, maior é a sensação de conforto térmico (FROTA e SHIFFER, 2003, p. 17),.

Segundo a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers – ASHRAE (1997), conforto térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. O desconforto decorrente do calor ou frio indica um desequilíbrio térmico, referente à diferença de temperatura entre o calor produzido pelo corpo humano e ao calor trocado com o ambiente.

Tanto a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers – ASHRAE (1997) quanto a ISO 7730 (2005) utilizam uma escala de sensação térmica que vai de -3 (frio) até +3 (quente) desenvolvida por Fanger (1970). Essa escala se diz respeito ao índice *Predicted Mean Vote* (PMV), o qual prevê os valores de sensações térmicas de um grande grupo de pessoas por meio de cálculos matemáticos que relacionam algumas condições climáticas e de conforto térmico.

Tabela 2 - Escala de sensação térmica
Fonte: Fanger (1970)

| PMV | Nível de Conforto |
|------------|--------------------------|
| 3 | Quente |
| 2 | Morno |
| 1 | Levemente morno |
| 0 | Confortável |
| -1 | Levemente fresco |
| -2 | Fresco |
| -3 | Frio |

A obtenção do índice PMV se dá por meio da equação:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L$$

Onde:

PMV = voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico;

M = atividade desempenhada pelo indivíduo;

L = carga térmica atuante sobre o corpo.

A ISO 7730 (2005) ainda apresenta o índice *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD), que representa o índice de pessoas insatisfeitas com o conforto térmico em determinado ambiente.

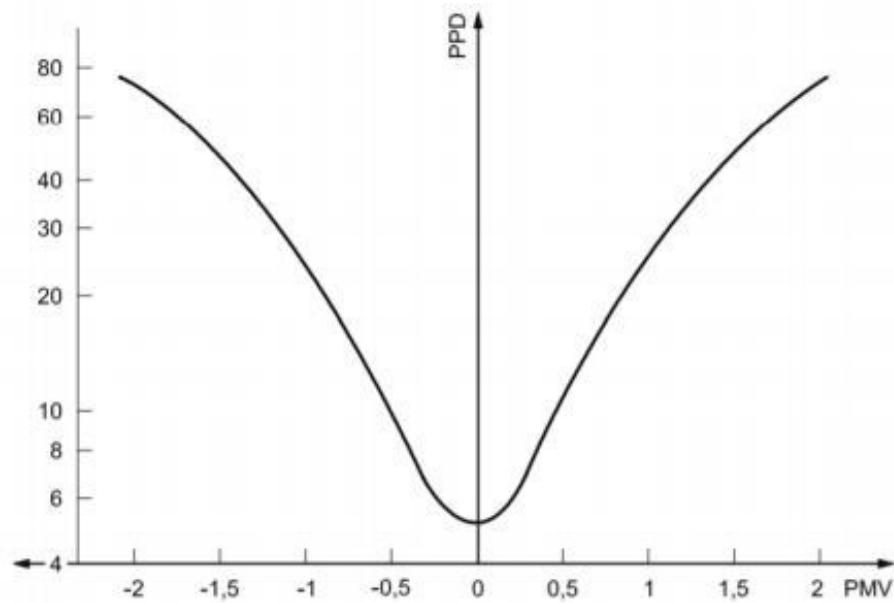


Gráfico 1 - Relação PPD e PMV
Fonte: Fanger (1970)

A obtenção do PPD se dá por meio do gráfico acima, onde é relacionado com o PMV, quanto mais perto do 0 o PMV menor o número de pessoas insatisfeitas, e quanto mais próximo das extremidades (+3 e -3), maior o número de pessoas insatisfeitas.

Outra maneira de se encontrar o valor de PPD é por meio da equação:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

GIVONI (apud STILPEN, 2007) criou uma carta baseada na temperatura interna de edifícios sem condicionamento. O diagrama de Givoni é uma plotagem das estratégias bioclimáticas na carta psicométrica, exemplificada na figura 12. Essas estratégias são:

- 1. Zona de Conforto;
- 2. Zona de Ventilação;
- 3. Zona de Resfriamento Evaporativo;
- 4. Zona de Massa Térmica para Resfriamento;
- 5. Zona de Ar-condicionado;
- 6. Zona de Umidificação;
- 7. Zona de Massa Térmica para Aquecimento;

- 8. Zona de Aquecimento Solar Passivo
- 9. Zona de Aquecimento Artificial.

Sendo a zona 1 chamada zona de conforto, onde o indivíduo já se sente teoricamente confortável, sem ser necessária nenhuma estratégia passiva, as demais áreas são denominadas conforme a melhor solução a ser tomada em cada caso para que se atinja a zona de conforto (FROTA; SCHIFFER, 1999).

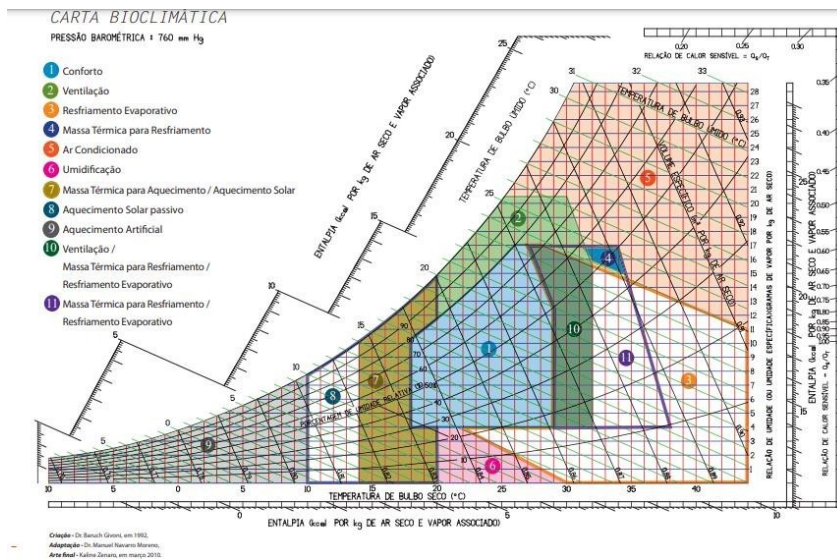


Figura 12 - Carta de Givoni

2.5 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma atividade que consome uma grande quantidade de recursos e gera grandes impactos ambientais, tanto na extração e fabricação dos materiais, quanto na execução das obras e a disposição dos resíduos que são gerados. Segundo Matos & Wagner (1999), a construção civil é responsável pelo consumo de 75% do consumo total de recursos nos Estados Unidos. Para John (2000), a estimativa é um consumo de 9,4 ton./hab.ano de materiais de construção, e segundo o mesmo autor, isso é consequência de o setor da construção civil ser um dos maiores setores da economia, além de produzir os bens de maiores dimensões físicas do planeta.

Não obstante ser um grande consumidor de recursos naturais, a construção civil ainda gera diversas perdas, desperdícios e resíduos, o que aumenta o impacto ambiental do setor. A estimativa de resíduos da construção e demolição gerados mundialmente varia de 163 a 3658 kgf per capita, além de não estar levando em consideração os resíduos gerados durante a produção dos materiais de construção (JOHN, 2000).

Frente aos grandes impactos ambientais gerados pelo setor, cresce a necessidade da busca por meios mais sustentáveis de construção, desde o canteiro de obras até a produção dos insumos e toda a cadeia que envolve. Dentre os conceitos que envolvem a sustentabilidade na construção, temos o termo do Edifício Verde ou *Green Building*, utilizado para denominar edifícios construídos dentro de padrões sustentáveis. A fim de avaliar o nível de sustentabilidade de obras, foi criado o selo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) pelo Conselho Norte-Americano de Construção Verde (United States Green Building Council – USGBC).

As principais certificações ambientais da construção civil utilizadas no Brasil são a LEED, AQUA (Alta Qualidade Ambiental), Selo Casa Azul Caixa e o Procel Edifica (Conto; Oliveira; Ruppenthal, 2017). O sistema construtivo ICF é conhecido no mundo todo pelas características que facilitam a obtenção da certificação LEED e o Selo Procel Edificações (ICF CONSTRUTORA, 2021).

2.5.1 Certificação LEED

Segundo o Green Building Council Brasil (GBC, 2021), o sistema de certificação internacional LEED é utilizado em mais de 160 países e tem como objetivo principal a maior sustentabilidade no meio da construção civil. Esta certificação pode ser aplicada em qualquer momento do empreendimento, sendo o projeto analisado por 8 dimensões, todas com pré-requisitos e créditos que conforme são atendidos garantem à edificação pontos. A partir da quantidade de pontos é definido o nível da certificação, variando de 40 a 110 pontos, variando entre os níveis de certificado Silver, Gold e Platinum.

Os critérios avaliados LEED são: Projeto Integrado (i), Localização e Transporte, Espaço Sustentável, Eficiência do uso de água, Energia e Atmosfera,

Materiais e Recursos, Qualidade ambiental e interna, Inovação e processos, e Créditos Prioridade Regional.

A certificação promove diversos benefícios sociais, ambientais e econômicos, valorizando o imóvel, estimulando políticas públicas de fomento à Construção Sustentável, reduzindo e tratando resíduos da construção e diversos outros benefícios (GBC, 2021).

Ainda a partir de informações fornecidas pelo GBC (Green Building Council Brasil, 2021) a certificação tem uma média de redução do consumo de água em 40%, de energia em 30%, CO₂ em 35% e redução de resíduos em 65%, dados a respeito do Brasil.

2.5.2 Selo Procel Edificações

O Selo Procel Edificações (Figura 13) é um instrumento que possibilita identificar edificações que apresentam melhores classificações de eficiência energética, a Eletrobras outorga o Selo. Tem como requisito para sua obtenção ter a Etiqueta PBE Edifica classe A de eficiência, para os sistemas envoltórios, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar da edificação (PROCELINFO, 2021).

Recomenda-se que a edificação deve ser concebida de forma eficiente desde a etapa de projeto e ainda segundo a mesma fonte:

“[...] a metodologia de avaliação da conformidade está descrita no Regulamento para Concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, bem como nos Critérios Técnicos específicos e baseiam-se no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica.” (PROCELINFO, 2021)

Segundo a PROCEL (Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, 2021), o programa gerou uma economia de cerca de 21,6 bilhões de kWh de energia elétrica em 2019, além de evitar a emissão de 1,6 milhão de tCO₂.



Figura 13 - Exemplo do Selo Procel Edificações e de etiqueta PBE Edifica
Fonte: PROCELINFO, 2021

2.6 QUANTITATIVO E ORÇAMENTAÇÃO DE OBRA

O orçamento é um dos elementos fundamentais para que um empreendimento tenha sucesso, através dele é que se tem as informações a respeito do custo da edificação.

Segundo Pinheiro (2014), o orçamento pode ser realizado por meio de estimativas, ou seja, é elaborado com base no projeto preliminar de arquitetura, neste método a margem de erro é de cerca de 20%. O cálculo é obtido através da multiplicação da Área equivalente da construção com o custo unitário do metro quadrado de construção, o qual é calculado pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, também conhecido como Custo Unitário Básico (CUB).

De acordo com a ABNT NBR 12721:2006, item 8.3.5: o CUB não engloba todos os custos gerados na obra, somente os parciais:

“Na formação destes custos unitários básicos não foram considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção, de acordo com o estabelecido no projeto e especificações correspondentes a cada caso particular: fundações, submuramentos,

paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, outros; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços (que devem ser discriminados no Anexo A - quadro III); impostos, taxas e emolumentos cartoriais, projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador.”

Realizando um orçamento preliminar a margem de erro é de até 10%, elaborado com base nos projetos preliminares de arquitetura, de instalações elétricas e hidrossanitários, e projetos de estruturas, utilizando da ferramenta dos memoriais descritivos para que se obtenha um orçamento mais detalhado.

Também há o orçamento executivo, baseado em todos os projetos e memoriais descritivos de acabamentos completos, tendo margem de erro de 5%. Esses dois últimos métodos resultam o orçamento a partir da multiplicação dos valores unitários de cada serviço (mão de obra, materiais, máquinas e equipamentos) com a quantidade de serviço necessária para a execução da obra (PINHEIRO, 2014).

Para realizar os estudos prévios de orçamento, deve-se analisar o levantamento quantitativo dos projetos, quantificar as quantidades de serviços que existirão na obra, além de saber o custo da mão de obra utilizada, que deverá ser acrescida de um valor de encargo social. Encargos sociais são obrigatórios e acrescidos nos valores do custo da mão de obra.

O custo de cada serviço a ser realizado na obra é composto pela sua quantificação, estes obtidos com base nos projetos e memoriais, e os custos da mão de obra, dos insumos e dos equipamentos necessários para a execução. O quantitativo de materiais pode ser feito manualmente através dos projetos e memoriais ou levantado com o auxílio de softwares computacionais de modelagem 3D.

Uma informação importante no orçamento da mão de obra é o tempo de execução dos serviços, também chamados de índices de produtividade. Estes índices podem ser índices próprios de uma construtora, baseado em dados obtidos *in loco* nas obras executadas por ela. A produtividade representa a relação entre a quantidade de serviço executada e o tempo necessário para a conclusão.

Quando há falta de informações a respeito de índices de produtividade próprios, a construtora pode optar por utilizar valores médios de produtividade, sendo uma das fontes a Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), da Editora Pini (PINHEIRO, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 FLUXOGRAMA

O fluxograma a seguir elenca as etapas planejadas para a realização do trabalho para melhor representar a metodologia escolhida.

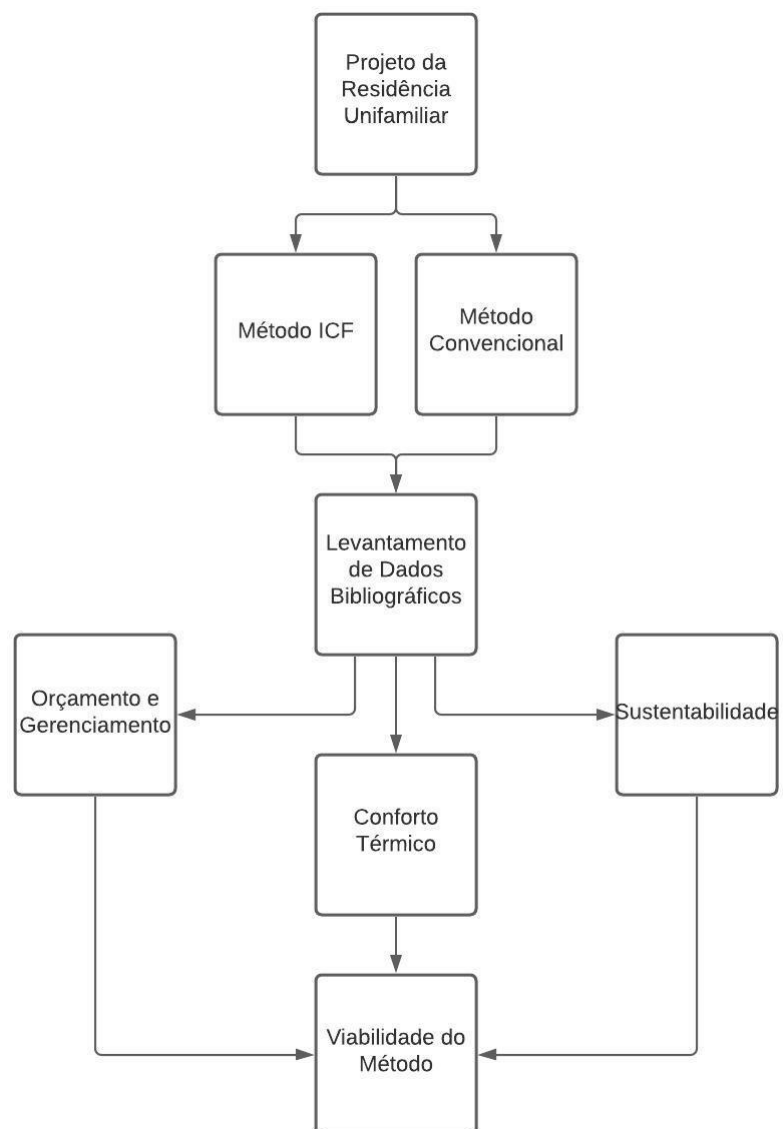


Figura 14 – Fluxograma
Fonte: Autoria própria

3.2 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

O levantamento de dados bibliográficos é feito durante todo o processo de pesquisa. Para a análise da viabilidade das edificações serão estudados métodos tratados através de artigos, normas, manuais técnicos, livros. A análise é importante para a obtenção de dados e estimativas que são necessárias para chegar aos objetivos do trabalho.

3.3 CIDADE DE PATO BRANCO - PR

A área de estudo localiza-se na mancha urbana de Pato Branco, no sudoeste do estado do Paraná. Sua população, conforme estimativas do IBGE (2018), é de aproximadamente 81893 habitantes, e com Índice de Desenvolvimento Humano (2010) de 0,782. Coloca-se como a 3ª melhor cidade em qualidade de vida no Paraná e a 113º no Brasil.

Pato Branco está a 757 metros acima do nível do mar e apresenta um clima quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. O clima é classificado como Cfa (subtropical úmido) segundo a Köppen e Geiger. 18.5°C é a temperatura média em Pato Branco. A média anual de pluviosidade é de 1931 mm. O mês mais seco é agosto, com 104 mm de precipitação. O mês de maior precipitação é outubro, com uma média de 219 mm (Gráfico 2) (Climate-Data, 2021).

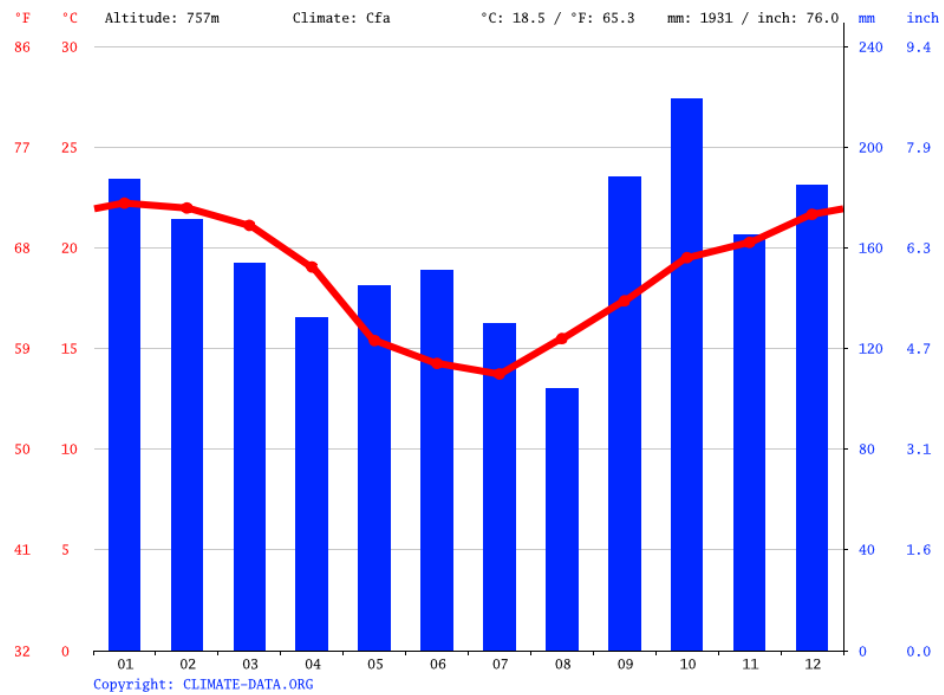


Gráfico 2- Média de precipitação anual em Pato Branco
Fonte: Climate-Data (2021)

Com uma temperatura média de 22.2°C, janeiro é o mês mais quente do ano. Julho é o mês mais frio, com temperatura média de 13.7°C (Gráfico 3).

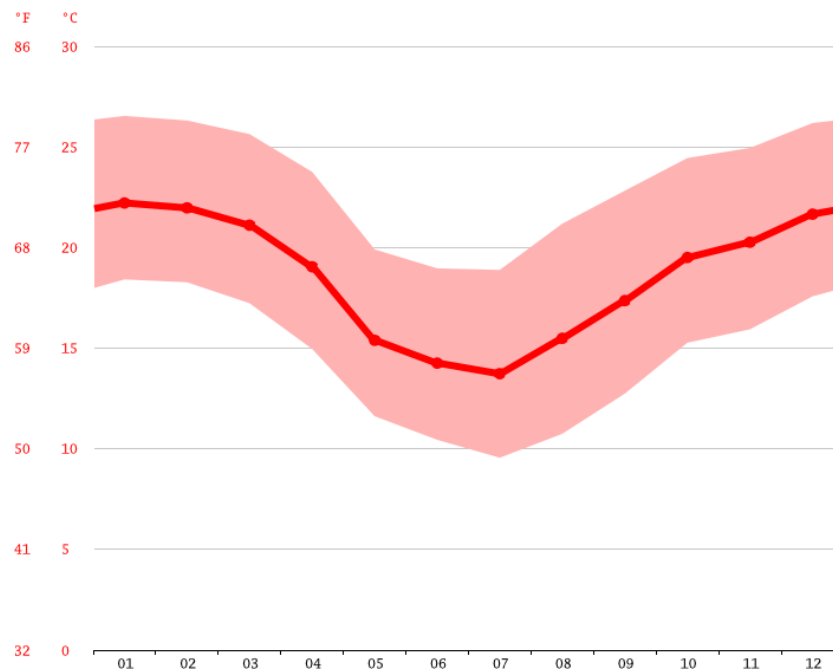


Gráfico 3 - Média de temperatura anual em Pato Branco
Fonte: Climate-Data (2021)

Tabela 3 - Informações climáticas de Pato Branco
Fonte: Climate-Data (2021)

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| Temperatura média (°C) | 22.2 | 22 | 21.1 | 19 | 15.4 | 14.3 | 13.7 | 15.5 | 17.4 | 19.5 | 20.3 | 21.7 |
| Temperatura mínima (°C) | 18.4 | 18.3 | 17.2 | 15 | 11.6 | 10.4 | 9.6 | 10.7 | 12.7 | 15.3 | 15.9 | 17.6 |
| Temperatura máxima (°C) | 26.5 | 26.3 | 25.6 | 23.8 | 19.9 | 19 | 18.9 | 21.2 | 22.8 | 24.4 | 24.9 | 26.2 |
| Chuva (mm) | 187 | 171 | 154 | 132 | 145 | 151 | 130 | 104 | 188 | 219 | 165 | 185 |
| Umidade(%) | 79% | 80% | 79% | 78% | 79% | 81% | 79% | 74% | 73% | 76% | 75% | 78% |
| Dias chuvosos (d) | 15 | 14 | 12 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 8 | 11 | 11 | 13 |

3.4 PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR

A fim de realizar o estudo de viabilidade, a ICF Construtora forneceu um projeto de residência unifamiliar. O mesmo projeto é analisado afim de realizar quantitativo de obra, comparando o método ICF e método convencional para a posterior comparação de resultados orçamentários e de desempenho térmico. Abaixo o 3D do projeto estudado.



Figura 15- Residência ICF 3D
Fonte: ICF Construtora Inteligente, 2020

O projeto é de uma residência popular, de 63,61m², composta por dois quartos, sala e cozinha conjugadas, um único banheiro, uma varanda e lavanderia. Abaixo temos o layout do projeto com as devidas dimensões (mm), áreas (m²) e denominações.

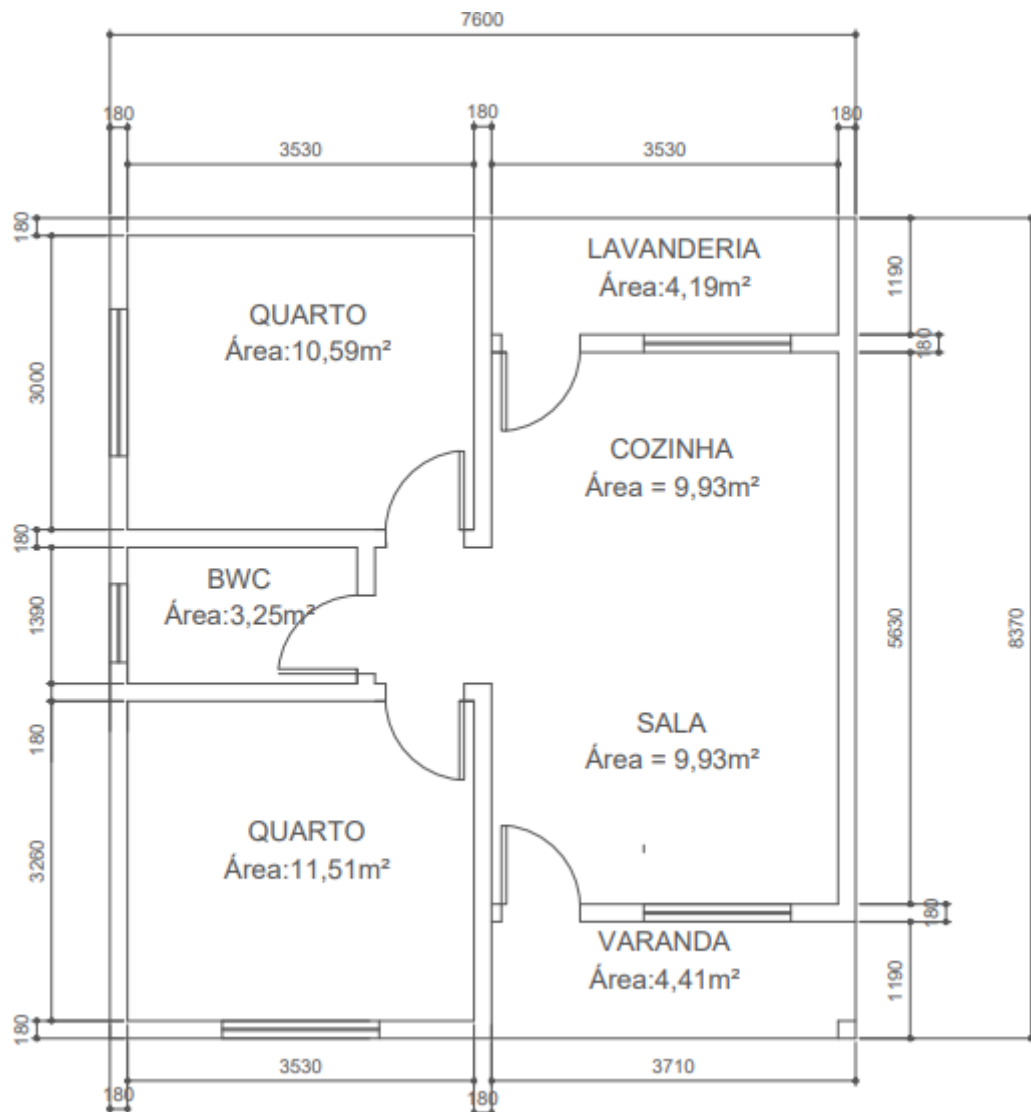


Figura 16 - Layout Residência Unifamiliar
Fonte: Autoria própria

Este é o projeto utilizado tanto na concepção dos orçamentos e quantitativos quanto no estudo térmico, o projeto executivo e complementares constam no Anexo D.

3.5 FORMAS ICF

As formas de EPS – ICF podem ter variadas espessuras de suas camadas, e dimensões, para o presente trabalho foram utilizadas as formas fabricadas pela ICF Construtora Inteligente, as IForms. São fabricados na cidade de Cuiabá no estado de Mato Grosso dois modelos, o iForms 12 (Figura 17) e iForms 18 (Figura 18), tendo

como diferença a espessura das camadas, sendo o primeiro mais recomendado para vedação ou suporte de menores cargas, já o iForms 18 é designado para projetos mais arrojados, com mais cargas e maior necessidade de desempenho da alvenaria.

Segundos o fabricante, o material é fabricado conforme as normas ABNT e teve seu desempenho averiguado pelo Instituto De Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) (ICF CONSTRUTORA, s.d).

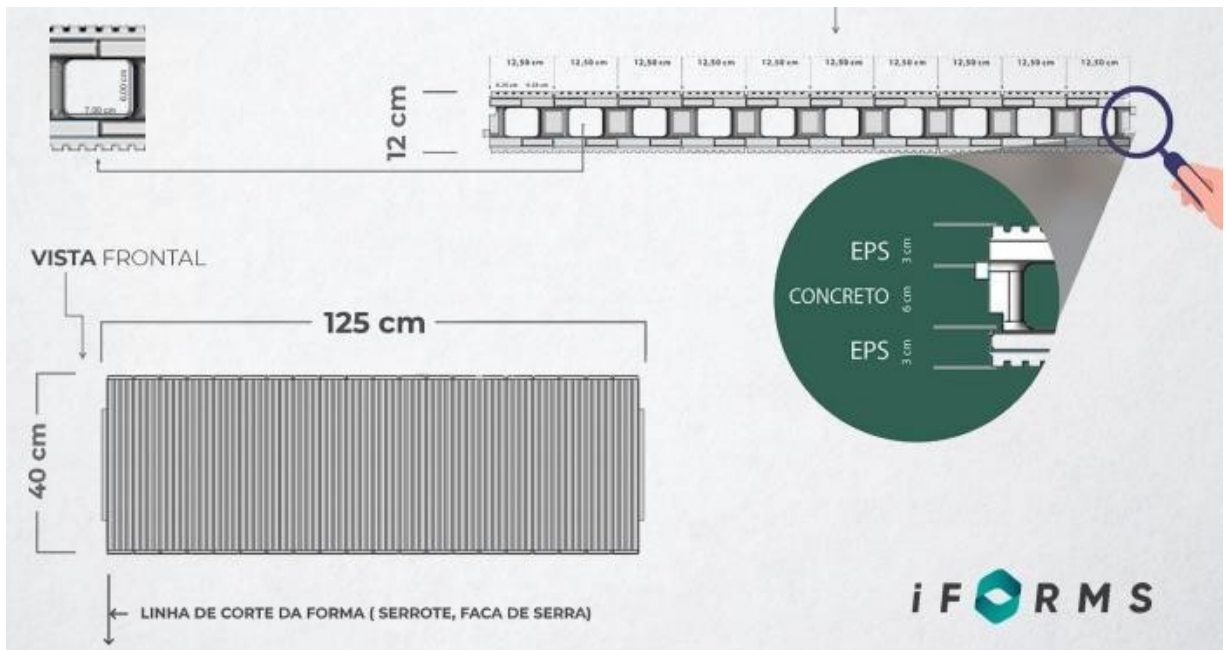


Figura 17 - iFORMS 12 vistas
Fonte: ICF Construtora, 2020

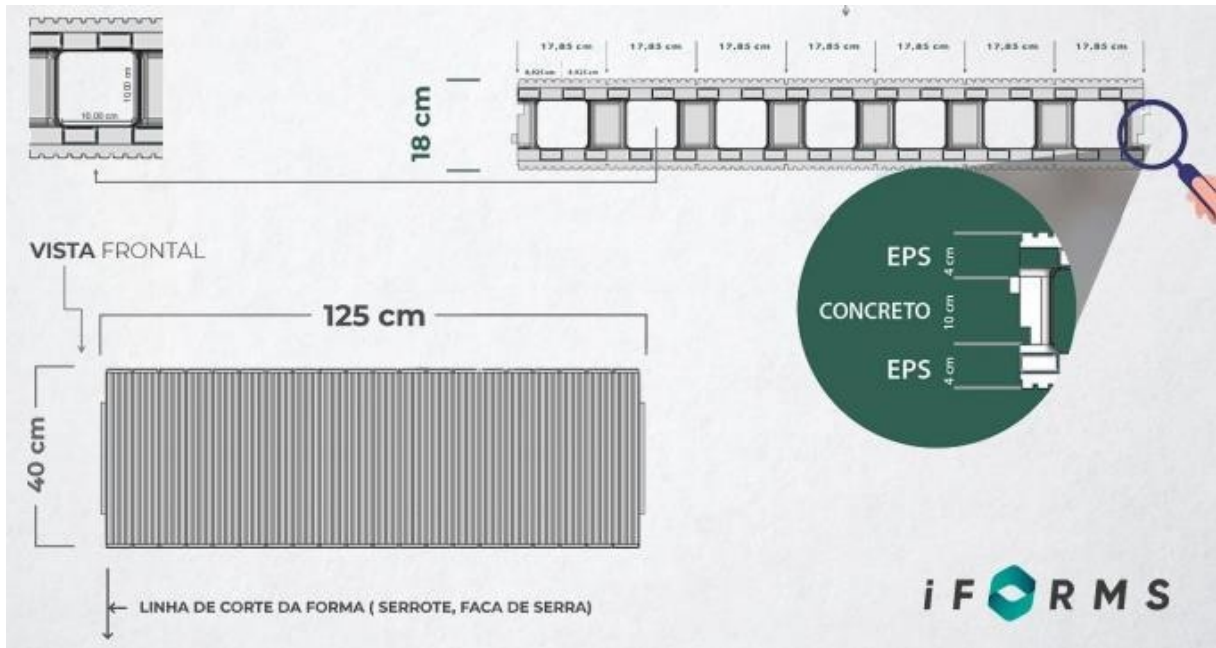


Figura 18 - iForms 18 Vistas
Fonte: ICF Construtora, 2020

Dados técnicos e rendimentos fornecidos pelo fabricante das formas são demonstrados na tabela a seguir:

Tabela 4- Dados técnicos e rendimentos ICF
Fonte: ICF Construtora Inteligente, 2021.

| CARACTERÍSTICAS | iFORMS 12 | iFORMS 18 |
|---|-----------|-----------|
| Rendimento por forma, área (m ²) | 0,50 | 0,50 |
| Formas por m ² (un/m ²) | 2,00 | 2,00 |
| Peso Próprio (kg/m ²) | 2,00 | 2,90 |
| Peso com concreto armado (kg/m ²) | 95,00 | 179,00 |
| Coefficiente de produtividade (hh/m ²) | 0,50 | 0,40 |
| Densidade do EPS Classe F (Kg/m ³) | 26 | 26 |
| Consumo de concreto (m ³ /m ²) | 0,038 | 0,072 |
| Absorção de umidade (%) | 0,00 | 0,00 |
| Resistencia do EPS a temp. extremas (°C) | 80,00 | 80,00 |
| Isolamento térmico (w/m ² k) | 0,35 | 0,29 |
| Decibéis (dB) | 45,00 | 55,00 |

Seu método construtivo, bem como suas vantagens e desvantagens estão descritos no referencial teórico deste presente trabalho.

3.6 CONFORTO TÉRMICO

A partir das normativas e referências bibliográficas é realizado um estudo de conforto térmico no projeto fornecido, utilizando os *softwares Analysis Bio 2.2* e o *Domus Procel Edifica*, o qual permite a simulação do conforto térmico.

3.6.1 *Analysis Bio 2.2*

É um software criado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Ele auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local, gerando estratégias para atingir o conforto térmico. Foram utilizados dados identificados na referência bibliográfica deste trabalho para a geração da Carta de Givoni. É necessário inserir a latitude, longitude e altitude da cidade, além das temperaturas máximas, mínimas e médias (C), umidades relativas (%) e pressões atmosféricas (hPa) de cada mês. A partir desses dados são plotadas linhas em uma carta psicrométrica, onde as zonas de Givoni também estão plotadas. Com isso, é possível cruzar as condições normais do ambiente com as condições de conforto térmico e saber quais práticas podem ser adotadas para o mesmo.

3.6.2 *Domus - Procel Edifica*

O *Domus* é primeiro *software* nacional de simulação higrotérmica e energética de edificações para utilização racional de energia e obtenção de um melhor equilíbrio do tripé Economia-Energia-Meio Ambiente. Sua interface é de fácil uso,

possibilitando que projetistas de sistemas de climatização de ambientes determinem os ganhos térmicos de forma muito mais rápida e precisa, evitando o superdimensionamento de um equipamento. Permite também aos profissionais da área de energia avaliar, de forma simples, alternativas de climatização passiva, reduzindo desperdícios (Domus, PUC-PR).

3.6.2.1. Estudo da edificação no Domus

Para fins de comparação, foi criada a mesma residência com os diferentes métodos construtivos nas fachadas e paredes, mantendo os pisos e lajes semelhantes.

3.6.2.2. Edificação

O resultado da maquete eletrônica na interface gráfica pode ser visualizado na figura 19.

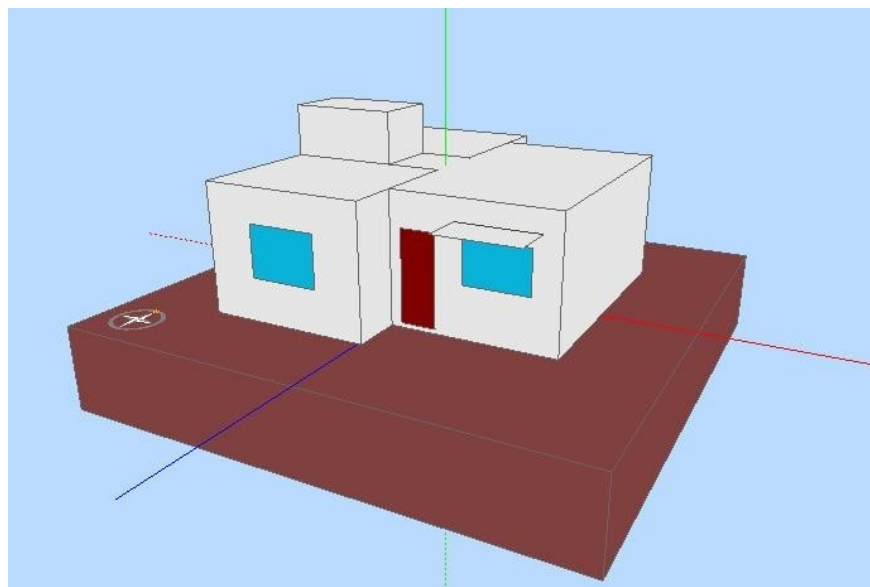


Figura 19 – Maquete eletrônica da residência no Domus
Fonte: Autoria Própria

3.6.2.3. Zonas

Para efeitos da necessidade de mudança de parâmetros para os cômodos, a edificação é dividida em zonas. O modelo utilizado foi dividido em 5 zonas:

- Zona 1: Quarto 01;
- Zona 2: Sala/Cozinha;
- Zona 3: Quarto 02;
- Zona 4: Banheiro;
- Zona 5: Armazenamento da Caixa d'água.

3.6.2.4. Fachadas e paredes

Os planos verticais que separam as zonas foram caracterizados de acordo com seu método construtivo. No modelo ICF, as paredes foram configuradas com 23 cm de espessura, compostas por 2,5 cm de reboco, 4 cm de EPS, 10 cm de concreto, 4 cm de EPS e 2,5 cm de reboco, como mostrado na figura a seguir.

Camadas dos Elementos

| Material +externo | Refino de Malha | | Espessura (cm) | Excluir |
|-------------------|-----------------|------|----------------|---------|
| | | | | |
| Reboco | 5 | 2.5 | | |
| EPS | 9 | 4.0 | | |
| Concreto | 9 | 10.0 | | |
| EPS | 9 | 4.0 | | |
| Reboco | 5 | 2.5 | | X |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Material +interno (Zona 3)

Padrões Brasileiros Modelos personalizados

| | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| Transmitância Térmica (W/m²K): | 0.44 | |
| Capacitância Térmica (kJ/m²K): | 317.10 | |
| Fator de Calor Solar (FCS) | 0.9 | |
| Absortividade Externa (Pintura): | 0.50 | Tabela |
| Emissividade Externa: | 0.50 | |
| Absortividade Interna (Pintura): | 0.50 | Tabela |
| Emissividade Interna: | 0.50 | |

Figura 20 - Paredes ICF
Fonte: Autoria Própria

No modelo convencional, as paredes foram configuradas com 14 cm, compostas por 2,5 cm de reboco, 9 cm de tijolos e mais 2,5 cm de reboco, como na figura a seguir.

Camadas dos Elementos

| Material +externo | Refino de Malha | | Espessura (cm) | Excluir |
|---------------------------------|-----------------|-----|----------------|---------|
| | | | | |
| Reboco | 5 | 2.5 | | |
| Tijolo 6 Furos Quadrados (9 cm) | 9 | 9.0 | | |
| Reboco | 5 | 2.5 | | X |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Material +interno (Zona 5)

Padrões Brasileiros Modelos personalizados

| | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| Transmitância Térmica (W/m²K): | 2.56 | |
| Capacitância Térmica (kJ/m²K): | 154.60 | |
| Fator de Calor Solar (FCS) | 5.1 | |
| Absortividade Externa (Pintura): | 0.50 | Tabela |
| Emissividade Externa: | 0.50 | |
| Absortividade Interna (Pintura): | 0.50 | Tabela |
| Emissividade Interna: | 0.50 | |

Figura 21 - Paredes de Alvenaria Convencional
Fonte: Autoria Própria

3.6.2.5. Parâmetros Gerais

As configurações gerais foram de acordo com os padrões do Domus, sendo necessário alterar as configurações climáticas, o albedo e o intervalo de simulação, mostrados na figura 22. As configurações climáticas foram usadas da cidade de Clevelândia, que possui os dados mais próximos de Pato Branco dos disponibilizados pelo software, além de se situar na mesma zona climática. O albedo foi calculado de acordo com o manual do Domus. Os intervalos de simulação foram divididos em quatro (janeiro a abril; maio; junho; julho a outubro e novembro a dezembro), de acordo com a necessidade de mudar a vestimenta com o clima.

Figura 22 - Configuração climática no Domus Procel
Fonte: Autoria própria

3.6.2.6. Avaliação do conforto térmico

O cálculo do *Predicted Mean Vote* (PMV) leva em conta a vestimenta, atividade da pessoa e velocidade média do vento, foram calculadas para cada intervalo os valores a seguir:

- Janeiro a abril:
 - Vestimenta: meia fina, cueca, camisa curta, calça média e sapatos (clo=0,646);
 - Atividade: atividade de escritório (Met=1,2);
 - Velocidade do ar: 1,29 m/s.
- Maio e julho a outubro:
 - Vestimenta: meia fina, cueca, camisa curta, blusa grossa, calça média e sapatos (clo=1,014);
 - Atividade: atividade de escritório (Met=1,2);
 - Velocidade do ar: 1,55 m/s.
- Junho:
 - Vestimenta: meia grossa, cueca, camisa curta, jaqueta, calça grossa e sapatos (clo=1,259);
 - Atividade: atividade de escritório (Met=1,2);
 - Velocidade do ar: 1,53 m/s.
- Novembro a dezembro:
 - Vestimenta: meia fina, cueca, camisa curta, calça média e sapatos (clo=0,646);
 - Atividade: atividade de escritório (Met=1,2);
 - Velocidade do ar: 1,38 m/s.

3.7 SUSTENTABILIDADE

Por meio de revisão teórica e bibliográfica dos fornecedores de formas ICF (Insulated Concrete Forms) como ARXX e ICF Construtora, é feita uma análise a respeito da sustentabilidade gerada pelo método construtivo. Nesta análise são levadas em consideração informações a respeito da produção do material, método construtivo e geração de resíduos.

3.8 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO

É realizado todo o processo de orçamentação do projeto proposto para os dois modelos construtivos abordados no trabalho. Os valores são apresentados com e sem BDI (Bonificação e Despesas Indiretas), sendo 20% o acréscimo ao valor da obra. A modelagem do orçamento e quantitativo é feita através do *software Microsoft Excel*.

Para o orçamento são utilizados os dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), sistema que contém referências de preços em insumos e custos em composições estabelecidas pelo Governo Federal e desenvolvidas e mantidas pela Caixa e IBGE, atualizado mensalmente na região de estudo.

A análise estrutural do projeto de infraestruturas, além do projeto de superestruturas do modelo convencional, foi realizada a partir do *software AltoQi Eberick* (Anexo E), o qual possibilita a obtenção do dimensionamento bem como o quantitativo de materiais.

Devido à falta de informações a respeito do sistema ICF (Insulated Concrete Forms), algumas considerações são feitas a respeito das composições e custos baseados em informações de fabricantes de formas e revisão bibliográfica, além de insumos fornecidos pelo SINAPI.

Dentre as informações estão aos valores do material já com o frete oriundo do estado do Mato Grosso, bem como informações a respeito do custo e tempo da mão de obra na região para o método.

O cálculo do CUB leva em consideração a não utilização dos valores de infraestrutura do projeto, mantendo todos os demais

Para o coeficiente de rendimento, as alvenarias de ICF conforme fabricante têm coeficiente de rendimento de $0,5hH/m^2$ para iFORMS 12 e $0,4hH/m^2$ para iFORMS 18, já para as alvenarias de bloco cerâmico com espessura de 9 cm, o coeficiente de rendimento é de $1,6hH/m^2$, utilizando um pedreiro e um servente segundo a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão analisados e discutidos os resultados obtidos do presente trabalho.

4.1 CONFORTO TÉRMICO

4.1.1 Carta bioclimática de Givoni

Utilizando o software *Analysis Bio 2.2*, foi gerada a carta bioclimática de Givoni a seguir para a cidade de Pato Branco.

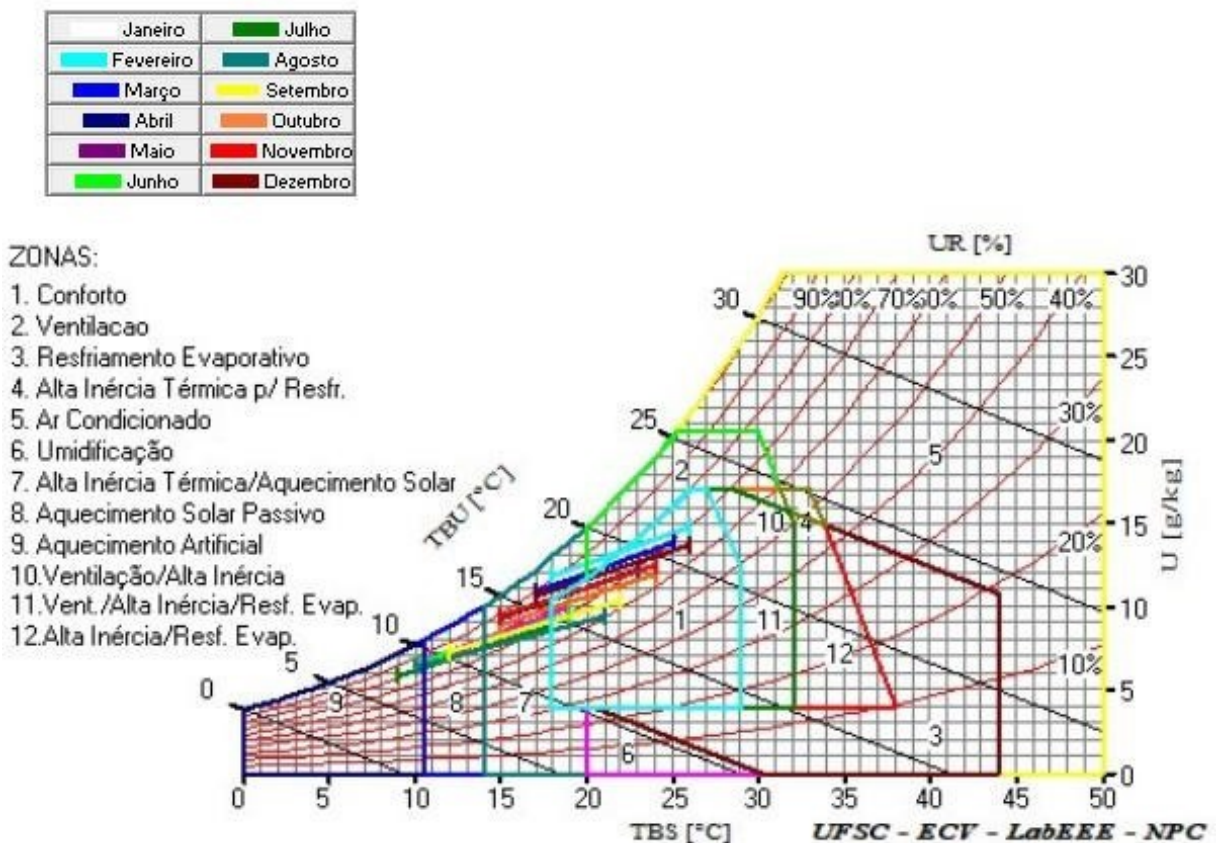


Figura 23 - Carta de Givoni
Fonte: Autoria Própria

Com a extração dos dados obtidos, são indicadas as condições de conforto térmico gerais e abordagens recomendadas para se chegar ao conforto.

Geral:

- Conforto: 43,86%
- Desconforto: 56,14%
- Calor: 4,03%
- Frio: 52,11%

Abordagens recomendadas para o conforto:

- Ventilação: 4,03%
- Aquecimento solar passivo/Alta inércia térmica: 35,95%
- Aquecimento solar passivo: 13,93%
- Aquecimento artificial: 2,23%

Com a análise dos resultados obtidos, é notória a necessidade de uma estratégia de conforto térmico para as edificações em Pato Branco, principalmente para o frio. No método escolhido de estudo, o diferencial é o isolamento térmico, que não se encontra nas estratégias da Carta de Givoni, mas servirá para impedir a perda de calor dos ambientes.

4.1.2 Comparação dos Métodos Construtivos com o Software Domus

As simulações feitas geram valores de PMV e PPD, os quais representam respectivamente os valores de sensações térmicas de um grupo de pessoas e o índice de pessoas insatisfeitas com o conforto térmico, referente a cada mês do ano para a zona escolhida. Os resultados estão organizados para comparação das zonas 1, 2, 3, que são o quarto 01, a sala/cozinha e o quarto 02 respectivamente.

4.1.2.1 Quarto 01 (Zona 01)

As tabelas possuem os resultados das simulações nos dois métodos construtivos.

Tabela 5 – PMV e PPD do método ICF

| ICF 18 | | |
|-----------|-------|-----|
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -0,53 | 22% |
| FEVEREIRO | 0,24 | 13% |
| MARÇO | 0,01 | 13% |
| ABRIL | -0,82 | 28% |
| MAIO | -0,85 | 25% |
| JUNHO | -1,33 | 44% |
| JULHO | -1,29 | 41% |
| AGOSTO | -1,07 | 34% |
| SETEMBRO | -1,35 | 46% |
| OUTUBRO | -0,34 | 14% |
| NOVEMBRO | -0,73 | 25% |
| DEZEMBRO | -0,05 | 17% |

Tabela 6 - PMV e PPD do método convencional

| ALVENARIA CONVENCIONAL | | |
|------------------------|--------|-------|
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -1,340 | 0,481 |
| FEVEREIRO | -0,820 | 0,360 |
| MARÇO | -1,090 | 0,420 |
| ABRIL | -1,890 | 0,662 |
| MAIO | -1,550 | 0,529 |
| JUNHO | -2,010 | 0,702 |
| JULHO | -1,900 | 0,672 |
| AGOSTO | -1,740 | 0,597 |
| SETEMBRO | -1,980 | 0,684 |
| OUTUBRO | -1,060 | 0,385 |
| NOVEMBRO | -1,580 | 0,567 |
| DEZEMBRO | -1,090 | 0,449 |

Para fins de comparação, foram gerados os gráficos de PMV e PPD.

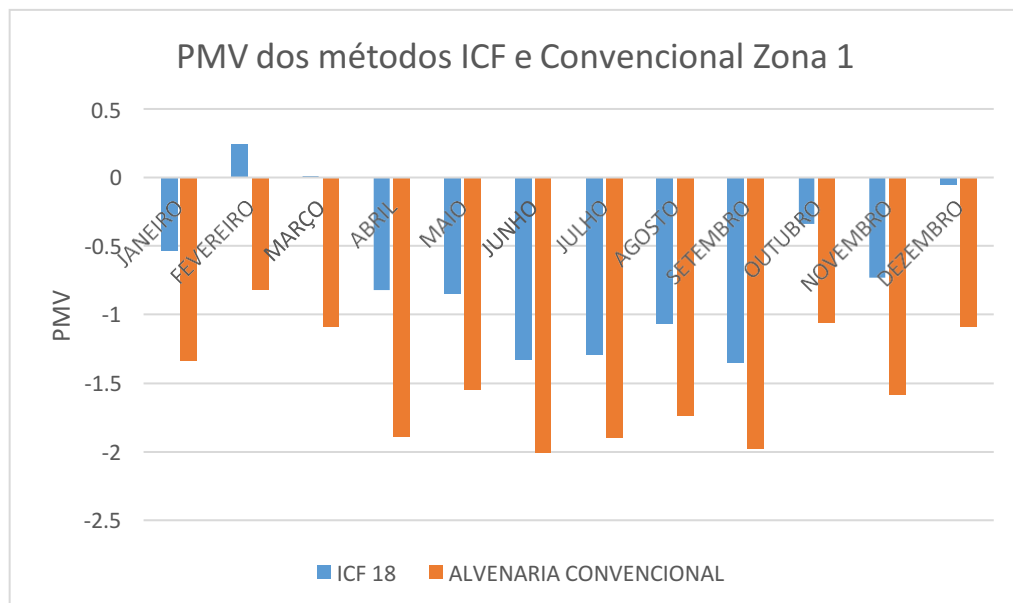


Gráfico 4 - PMV com ICF e convencional na zona 1
Fonte: Autoria Própria

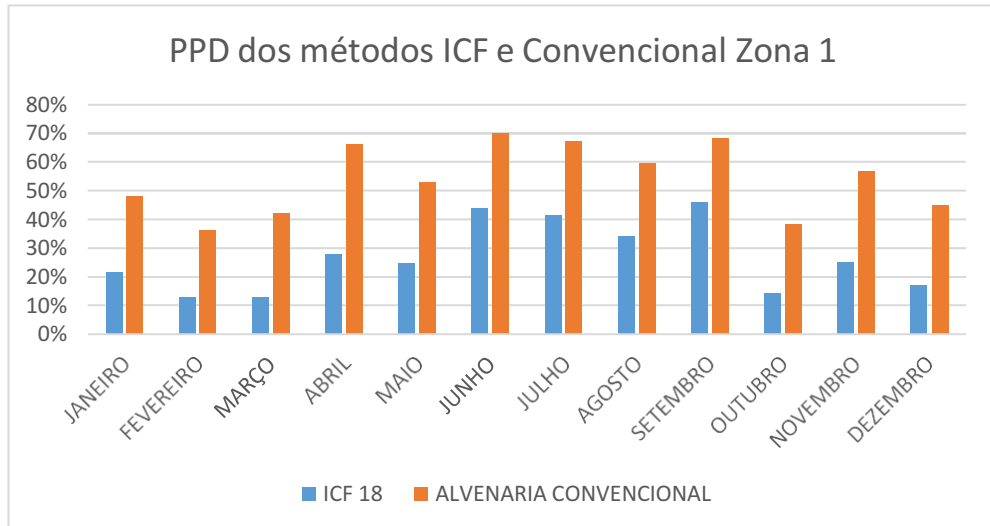


Gráfico 5 - PPD dos métodos ICF e Convencional na Zona 1
Fonte: Autoria Própria

Visto que, no método ICF, todos os valores de PMV ficaram mais próximos de 0 e os valores de PPD menores, é notável a melhoria de conforto térmico.

4.1.2.2 Sala/Cozinha

As tabelas possuem os resultados das simulações nos dois métodos construtivos.

Tabela 7 - Resultados das simulações de PMV e PPD
Fonte: Autoria Própria

| ICF 18 | | |
|---------------------|--------|-----|
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -0,78 | 34% |
| FEVEREIRO | 0,29 | 18% |
| MARÇO | -0,09 | 18% |
| ABRIL | -1,16 | 41% |
| MAIO | -2,62 | 91% |
| JUNHO | -2,99 | 99% |
| JULHO | -2,95 | 98% |
| AGOSTO | -2,71 | 92% |
| SETEMBRO | -2,82 | 95% |
| OUTUBRO | -1,86 | 65% |
| NOVEMBRO | -1 | 37% |
| DEZEMBRO | -0,08 | 24% |
| Método convencional | | |
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -1,750 | 61% |

| | | |
|-----------|--------|-----|
| FEVEREIRO | -1,150 | 44% |
| MARÇO | -1,480 | 53% |
| ABRIL | -2,320 | 80% |
| MAIO | -2,860 | 96% |
| JUNHO | -3,000 | 99% |
| JULHO | -2,980 | 99% |
| AGOSTO | -2,870 | 96% |
| SETEMBRO | -2,870 | 96% |
| OUTUBRO | -2,470 | 84% |
| NOVEMBRO | -1,920 | 66% |
| DEZEMBRO | -1,320 | 51% |

Para fins de comparação, foram gerados gráficos de PMV e PPD da Zona 2 da edificação.

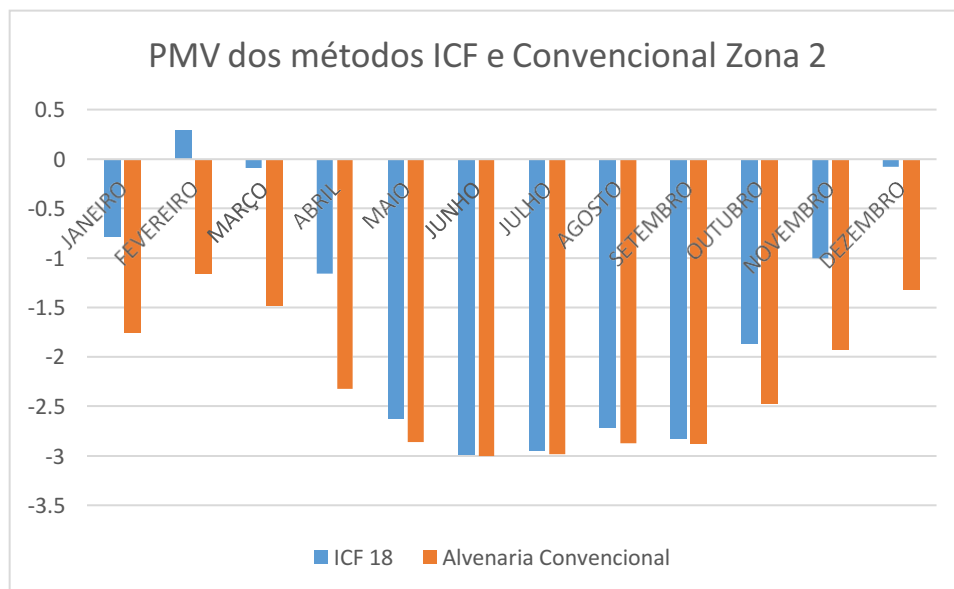


Gráfico 6 - PMV dos métodos ICF e Convencional na Zona 2
Fonte: Autoria própria

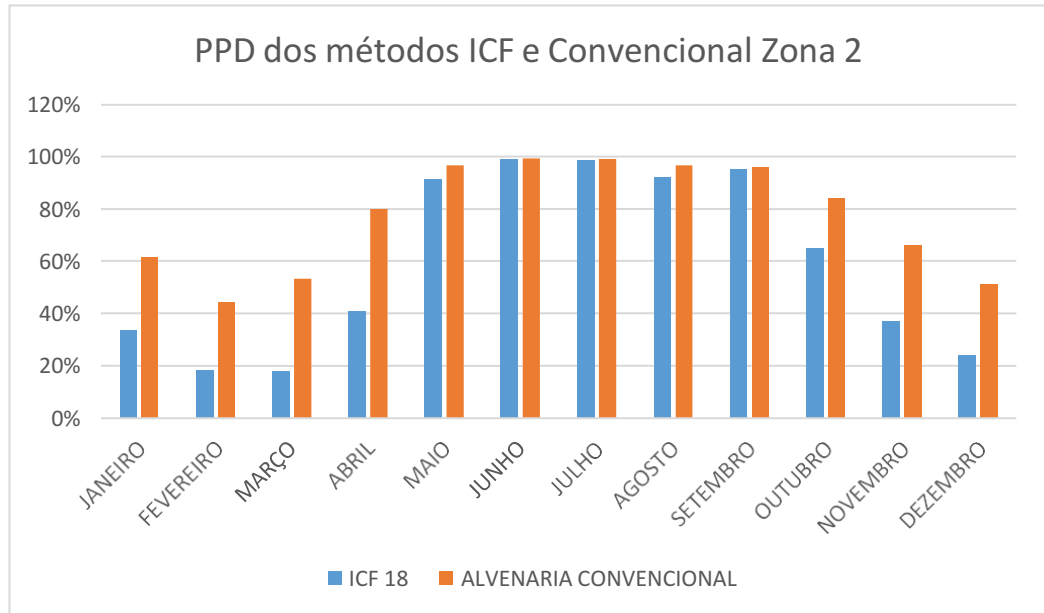


Gráfico 7 - PPD ICF e convencional na Zona 2
Fonte: Autoria Própria

Apesar de todos os valores mensais do ICF terem apresentado melhora, não se chegou a um desempenho satisfatório na sala e na cozinha, além do método construtivo devem ser abordadas outras estratégias de conforto térmico.

4.1.2.3 Quarto 02

A tabela possui os resultados das simulações nos dois métodos construtivos.

Tabela 8 - Resultados de PMV e PPD para Zona 03.
Fonte: Autoria Própria

| ICF 18 | | |
|-----------|-------|-----|
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -1,02 | 35% |
| FEVEREIRO | -0,11 | 13% |
| MARÇO | -0,44 | 18% |
| ABRIL | -1,39 | 48% |
| MAIO | -2,45 | 87% |
| JUNHO | -2,99 | 99% |
| JULHO | -2,95 | 99% |
| AGOSTO | -2,74 | 94% |
| SETEMBRO | -2,84 | 95% |
| OUTUBRO | -2,05 | 71% |

| NOVEMBRO | -1,25 | 43% |
|------------------------|--------|-----|
| DEZEMBRO | -0,39 | 21% |
| Alvenaria Convencional | | |
| MÊS | PMV | PPD |
| JANEIRO | -1,880 | 66% |
| FEVEREIRO | -1,360 | 52% |
| MARÇO | -1,670 | 60% |
| ABRIL | -2,410 | 83% |
| MAIO | -2,860 | 96% |
| JUNHO | -3,000 | 99% |
| JULHO | -2,980 | 99% |
| AGOSTO | -2,890 | 97% |
| SETEMBRO | -2,850 | 95% |
| OUTUBRO | -2,550 | 87% |
| NOVEMBRO | -2,090 | 72% |
| DEZEMBRO | -1,550 | 57% |

Para fins de comparação, foram gerados os gráficos PMV e PPD.

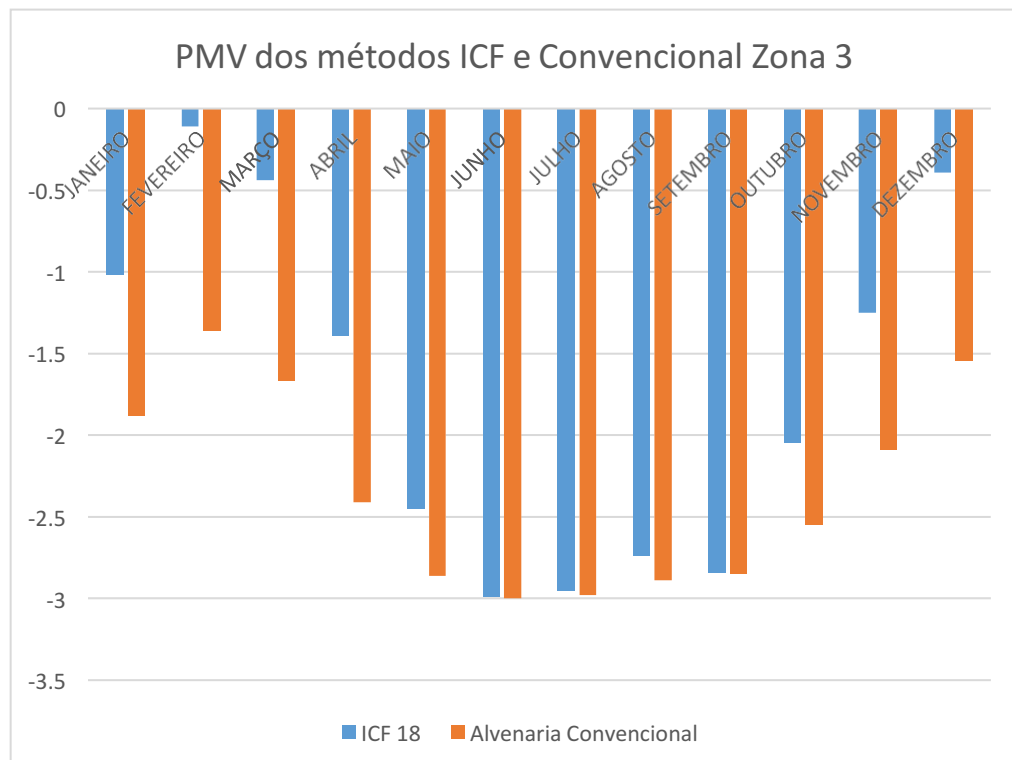
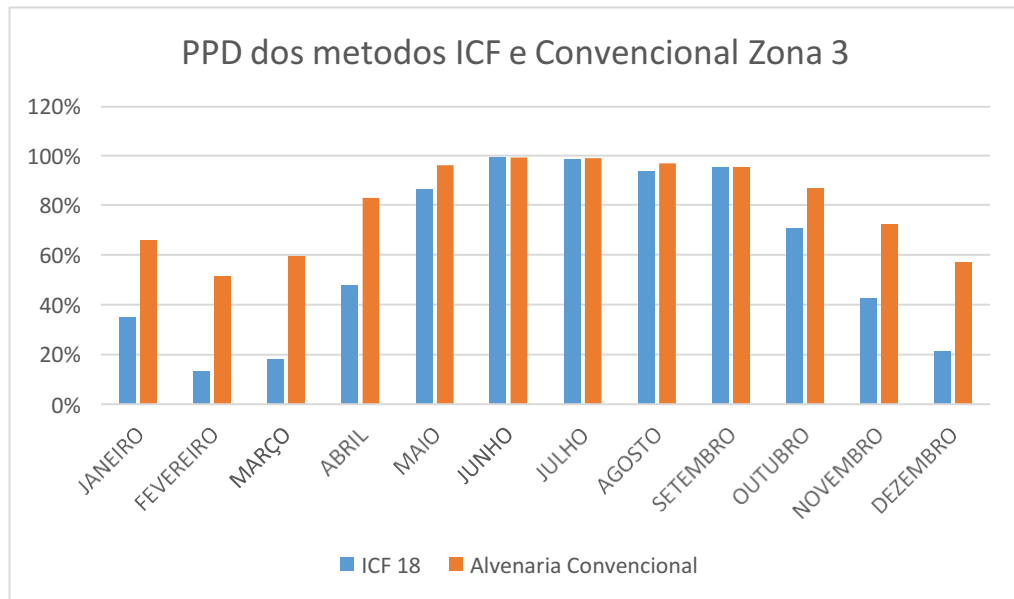


Gráfico 8 - PMV ICF e Convencional para Zona 03
 Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 9 - PPD ICF e Convencional para Zona 03.
Fonte: Autoria Própria.**

Apesar de todos os valores mensais do ICF terem apresentado melhora, não se chegou a um desempenho satisfatório na sala e na cozinha, além do método construtivo devem ser abordadas outras estratégias de conforto térmico.

4.2 SUSTENTABILIDADE

Nesta etapa foi feita uma análise com base nos dados de fabricantes de sistemas ICF (Insulated Concrete Forms) e revisão bibliográfica a respeito da sustentabilidade que o sistema pode gerar.

4.2.1 Sustentabilidade do sistema ICF

Segundo os dois fabricantes de sistemas ICF (insulated concrete forms) pesquisados e as revisões bibliográficas, o método proporciona uma redução de resíduos superior a 90% em comparação ao convencional, além de proporcionar uma obra mais limpa e organizada.



Figura 24 - Canteiro de obras ICF
Fonte: Autoria própria



Figura 25 - Disposição das formas ICF no canteiro de obras.
Fonte: Autoria Própria

Nas imagens acima, feitas na cidade de Salto do Lontra – PR, em uma obra da ICF Construtora Sudoeste, nota-se a limpeza do canteiro de obras, sendo que se houvesse um lugar retirado do interior da obra para estar armazenando as formas de EPS e os constituintes do concreto, a obra estaria completamente limpa e organizada.

A utilização de madeira é reduzida nas paredes compostas de formas de EPS, sendo utilizada na fundação, na confecção de escoras para paredes ou cobertura, na própria cobertura se for o caso ou forma para esquadrias. Já a maneira convencional que utiliza blocos cerâmicos para vedação e concreto armado para sua

estrutura (vigas, pilares, etc.), toda esta última necessita da utilização de madeira, sendo esta a principal diferença entre os dois métodos.

O material constituinte das formas de ICF (EPS) é reciclável, as pequenas sobras que o material gera podem ser trituradas e reaproveitadas como agregados de concretos leves no próprio canteiro de obras ou podem retornar para as indústrias, sendo utilizada na confecção de formas de EPS para laje, rodapés de PVC e demais tipos de produtos.

Sua reciclagem pode se dar de maneira mecânica como citado anteriormente, como de maneira energética para recuperação e geração de energia, devido ao alto poder calorífico ou quimicamente, para obtenção de óleo e gases.

A reciclagem aliada a redução de resíduos e à eficiência energética que o material gera, garantem selo de sustentabilidade ao método, e permite o sistema conta pontos para a obtenção do certificado LEED.

As formas são produzidas a partir de Pérolas de EPS de 3mm, que encapsulam uma pequena quantidade de pentano (C₅H₁₂), o que auxilia na expansão do EPS em até 50% do seu tamanho, aumentando seu volume e diminuindo a sua densidade. O processo acontece com o vapor d'água em contato regulado com as pérolas de EPS.

Após resfriadas, as pérolas são injetadas nos moldes das formas do fabricante, sendo elas novamente aquecidas para formar os blocos, não contendo nenhum produto tóxico ao meio ambiente e camada de oxônio na sua composição, somente carbono e hidrogênio. As formas quando depositadas em aterros, permanecem inertes sem contaminar o solo nem o lençol freático (FASEICF, 2021).

4.3 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO

Neste item, é tratado a respeito da parte de custos da edificação, bem como do seu rendimento, seguindo a metodologia vista anteriormente.

Primeiramente foram separadas as etapas construtivas em três partes. A primeira parte refere-se às etapas que contemplam os dois métodos, utilizando da mesma fundação, instalações e demais processos. Somente não é abordada nesta

parte o quantitativo e orçamento das alvenarias, tanto do método convencional quanto método construtivo ICF (Insulated Concrete Forms), os quais foram as duas respectivas partes restantes.

Abaixo é disposta a tabela com os resultados a respeito das etapas em comum, sistema convencional e sistema com formas de EPS, tanto englobando o valor total, como o total com acréscimo de 20% de BDI.

Tabela 9 - Resumo do orçamento das etapas em comum.
Fonte: Autoria Própria.

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS COMUNS ENTRE OS DOIS MÉTODOS | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Item | Descrição | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| 1.0 | Serviços Preliminares | 6300,19 | 7560,23 |
| 2.0 | Infraestrutura | 26539,84 | 31847,81 |
| 3.0 | Superestrutura | 9454,32 | 11345,18 |
| 4.0 | Pisos | 10680,74 | 12816,89 |
| 5.0 | Cobertura | 5320,87 | 6385,04 |
| 6.0 | Pintura | 2434,83 | 2921,79 |
| 7.0 | Instalações | 12636,32 | 15163,58 |
| 8.0 | Esquadrias | 5623,51 | 6748,21 |
| 9.0 | Acabamentos | 292,95 | 351,54 |
| 10.0 | Acessórios BWC | 663,86 | 796,63 |
| VALOR FINAL | | 79947,42 | 95936,91 |

Tabela 10 - Resumo de orçamento das etapas de alvenaria convencional.
Fonte: Autoria Própria.

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS DIVERGENTES - PAREDES | | | |
|---|------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Alvenaria Convencional | | | |
| Item | Descrição | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| 1.0 | SUPERESTRUTURAS | 15888,92 | 19066,71 |
| 2.0 | VEDAÇÃO | 9723,31 | 11667,98 |
| 3.0 | Revestimentos | 15629,98 | 18755,97 |
| VALOR FINAL | | 41242,21 | 49490,65 |

Tabela 11 - Resumo do orçamento das etapas do Sistema ICF.
Fonte: Autoria Própria.

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS DIVERGENTES - PAREDES | | | |
|---|------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Sistema ICF | | | |
| Item | Descrição | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| 1.0 | SUPERESTRUTURAS | 19646,70 | 23576,04 |
| 1.1.3 | Revestimentos | 12274,52 | 14729,42 |
| 1.1.6 | Mão de obra | 17125,68 | 20550,82 |
| | VALOR FINAL | 49046,90 | 58856,28 |

Fazendo o somatório das etapas em comum com cada método, percebemos que o valor encontrado para o método ICF (Insulated Concrete Forms) é aproximadamente 6% superior que o valor calculado para o sistema convencional.

Tabela 12 - Orçamento resumido com sistema ICF.
Fonte: Autoria Própria.

| Orçamento com sistema Insulated Concrete Forms (ICF) | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Item. | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| ETAPAS COMUNS | 79947,42 | 95936,91 |
| SISTEMA ICF | 49046,90 | 58856,28 |
| TOTAL | 128994,32 | 154793,19 |

Tabela 13 - Orçamento resumido com sistema convencional.
Fonte: Autoria Própria.

| Orçamento com sistema convencional | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Item. | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| ETAPAS COMUNS | 79947,42 | 95936,91 |
| SISTEMA CONVENCIONAL | 41242,21 | 49490,65 |
| TOTAL | 121189,63 | 145427,56 |

Para o valor do CUB (Custo Unitário Básico), então foi inutilizado o valor referente às infraestruturas, resultando nos valores das tabelas abaixo:

Tabela 14 - Custo Unitário Básico (CUB) ICF.
Fonte: Autoria Própria.

| Orçamento com sistema Insulated Concrete Forms (ICF) | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Item. | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |

| | | |
|------------------------------------|------------------|------------------|
| ETAPAS COMUNS S/ INFRA. | 53407,58 | 64089,10 |
| SISTEMA ICF | 49046,90 | 58856,28 |
| TOTAL | 102454,48 | 122945,38 |
| CUB (R\$/m²) | 1610,67 | 1932,80 |

Tabela 15 - Custo Unitário Básico (CUB) do sistema convencional.
Fonte: Autoria Própria,

| Orçamento com sistema convencional | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|
| Item. | Valor Total (R\$) | Total c/ BDI 20% (R\$) |
| ETAPAS COMUNS S/ INFRA. | 53407,58 | 64089,10 |
| SISTEMA CONVENCIONAL | 41242,21 | 49490,65 |
| TOTAL | 94649,79 | 113579,75 |
| CUB (R\$/m²) | 1487,97 | 1785,56 |

Como o valor das infraestruturas eram os mesmos, a diferença entre os dois métodos continuou na mesma proporção para os valores de CUB (Custo Unitário Básico).

Analisando os coeficientes de rendimento, nota-se grande disparidade no tempo de levantamento das alvenarias de formas de EPS com concreto armado em relação às do método convencional, sendo entre 3 a 4 vezes mais rápido este processo.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo visou comparar o método construtivo ICF com o método mais empregado em Pato Branco, o de estruturas de concreto armado. Para verificar a viabilidade do emprego desse método não muito conhecido com formas de EPS (poliestireno expandido), foram feitos levantamentos de dados teóricos, bem como análises quantitativas de preços, sustentabilidade e estudos de conforto térmico. A partir das análises elaboradas foi possível concluir que o método é viável e bastante promissor, não se mostrando presente na cidade principalmente pela falta de conhecimento, divulgação e longa distância das fábricas existentes.

Na questão do orçamento e gerenciamento das possíveis obras, o sistema com alvenaria convencional se mostrou mais econômico, na ordem de 8% mais barato, porém o tempo e facilidade de construção podem compensar esse preço, ficando a critério do construtor a decisão. Além disso, a problemática de não haver fabricação das formas na cidade foi levada em conta, porém o valor de frete calculado para a forma utilizada (iFORMS 18) se apresentou pequeno próximo à obra, a diferença foi de aproximadamente 840 reais, o que representa em termos numéricos cerca de 0,6% do valor total.

A sustentabilidade é um dos principais pontos de vantagem do ICF, visto que mais da metade da geração de resíduos sólidos em meio urbano são de responsabilidade do setor da construção civil, são necessárias atitudes e uma mudança de postura dos responsáveis. Utilizando o método construtivo ICF, a geração de entulho decai eficientemente, além de estar construindo com um material 100% reciclável.

Os estudos de conforto térmico foram os que mais divergiram com os dados fornecidos pelas construtoras. Apesar da residência em ICF ter apresentado uma melhora no desempenho, essa diferença não foi drástica nos meses mais frios. Como apresentado na Carta de Givoni, além da estratégia de isolamento térmico, característica do método construtivo, seriam necessárias outras abordagens para atingir o conforto ideal da residência, como a inércia térmica, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial.

Este trabalho não tem como intenção fazer propaganda para nenhuma empresa, mas buscar soluções de problemas recorrentes da área, novas alternativas

para o desenvolvimento urbano de Pato Branco e contribuir para o avanço da área da construção civil, deixando clara a viabilidade de inserção do método estudado na cidade.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. In ASHRAE: Fundamentals Handbook (SI). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers. 1997, Cap. 8. Physiological Principles from Comfort and Health.,

ANÉSIA BARROS FROTA, S. R. S. **Manual de Conforto Térmico**. [s.l: s.n.].

ABRECON - **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**, Disponível em: <<https://abrecon.org.br>>. Acesso em: Março, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo, 2002. 104 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos: Parte1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 15575** - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ARXX. **A ARXX é detentora do maior acervo de projetos com certificação LEED no mundo**. Disponível em: <<http://blog.arxx.com.br/a-arxx-e-detentora-do-maior-acervo-de-projetos-com-certificac%CC%A7a%CC%83o-leed-no-mundo/>>. Acesso em: janeiro, 2019.

BASTOS, Paulo S. **Fundamentos do concreto armado**. Curso de Estruturas de Concreto I. Agosto, 2006. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista, UNESP.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PROCEL. **PROCELINFO**, 2021. Selo Procel. Disponível em: www.procelinfo.com.br/. Acesso em: 22 mar. 2020.

CAMENAR, Mariana Thays; SCHEID, Melquior Forgiarini. **Análise do Sistema de Gestão de Resíduos da Construção Civil: Estudo de caso no Município de Pato Branco – PR**. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Construção sustentável**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades->

sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construção-sustentável.html>. Acesso em: 25 Maio, 2019.

CLIMATE-DATA, **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

Conto, V.; Oliveira, M. L.; Ruppenthal, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez/2017, p. 100-127. DOI: 10.15675/gepros.v12i4.1749

DOMUS – PROCEL EDIFICA. **Software de simulação termoenergética de edificações. Manual do usuário**. Curitiba: PUCPR, 2013, pg. 94. Disponível em: <domus.pucpr.br>.

ELETROBRAS. **Relatório de resultados do Procel 2020**: ano base 2019. Rio de Janeiro: PROCEL, 2020.

FASE ICF. **O Sistema ICF**. 2019. Disponível em: <<https://faseicf.com.br>> Acesso em: 15 mar. 2021.

FANGER, P. O. (1970). Thermal comfort. New York, NY: McGraw-Hill Book Company

Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (2003). Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo (7 ed.). São Paulo, SP, Brasil: Studio Nobel.

GIONGO, José Samuel. **Conceto armado: projeto estrutural de edifícios**. EESC – USP, São Carlos, 2007.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED**: compreenda o LEED. 2021. Disponível em gbcbrasil.org.br. Acesso em: 20 mar. 2020

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frama como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 76f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Acesso em junho de 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censos 2018**. Inovações e impactos nos sistemas de informações estatísticas e geográficas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

ICF BUILDER. **ICF basics for comercial contractors**. Nov. 2018. Disponível em: <<https://www.icfmag.com/2018/11/icf-basics-for-commercial-contractors/>> Acesso em: 15 jun. 2019.

ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, Disponível em: <<http://www.icfconstrutora.com.br/>>. Acesso em: Março, 2019.

ICF Construtora Inteligente. **iFORMS**: Manual técnico: Cuiabá, 2020. 37 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - **IPT**. Disponível em: <<https://www.ipt.br/>>. Acesso em: Abril, 2019

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730 (2005)**; Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genebra. 2005

ISOCRET. **FORMAS ISOCRET-ICF**. Disponível em: <https://isocret.com.br/formas.html>. Acesso em: abr. 2019.

JOHN, V. M. (2000) **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

MARTINS, João Guerra. Alvenarias – **Condições Técnicas de execução**. 2009. Pág. 03.

Matos, G. & Wagner, L. 1999, Consumption of Materials in United States 1900-1995. US Geological Service 9p.

MIRCEA, A.T.; CRUTESCU, R. **Research contributions to the seismic performance of ICF technology wall systems**. WSEAS transactions on information Science and applications, issue 10, vol. 7, Outubro/2010, ISSN: 1790-0832. Disponível em: <<http://www.wseas.us/e-library/transactions/information/2010/88-363.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2019.

OLIVEIRA, LIVIA SOUZA DE. – **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios**. 2013. 75 f. Dissertação (Programa de pós graduação em engenharia mecânica) – Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2013.

ORÇATTI, M. **ICF – Sistema de formas termoacústicas de EPS para paredes autoportantes de concreto**. Revista Téchné, São Paulo, vol. 635, Outubro/2016. Disponível em: <<https://techne.pini.com.br/2016/10/icf-sistema-de-formas-termoacusticas-de-eps-para-paredes-autoportantes-de-concreto/>>. Acesso em: 05 junho, 2019.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: Projeto execução e controle. 1 ed. São Paulo: O nome da rosa, 2010. 122 p.

PEDREIRÃO Macetes de construção. **Alvenaria Estrutural X Alvenaria de Vedação: entenda a diferença fundamental**. Disponível em <www.pedreira.com.br>. Acesso em: 24 jun. 2019

PIERSON, R. J. **The History of ICFs**. 2011. Disponível em: <<http://www.icf-green-buildingsystems-ga.com/insulating-concrete-forms-green-building-materials-informationgeorgia/history-of-insulated-concrete-forms.html>>. Acesso em: Maio, 2019.

PINHEIRO, A.C.D.F.B.; CRIVELARO, M. **Planejamento e Custos de Obras**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. 9788536518763. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518763/>. Acesso em: 21 set 2020

Santos, Z. I. **Tecnologia dos materiais não metálicos**: classificação, estrutura, propriedades, processos de fabricação e aplicações (1ª ed.). São Paulo: Érica, 2014.

SORGATO, M. J.; MARINOSKI, D. L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Nota técnica referente a avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública**. LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2012

SOUSA, H. **Construções em alvenaria- Apontamentos**. Porto: FEUP (Universidade do Porto- Faculdade de Engenharia), 2003. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/TPPC/Sebenta.pdf>>. Acesso em: junho, 2019.

STILPEN, Daniel. **Eficiência Energética E Arquitetura Bioclimática – O Caso Do Centro De Energia e Tecnologias Sustentáveis**. 313 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

TCPO – Tabela de composição de Preço para Orçamento. São Paulo. PINI, 2010. 630 p.13ª ed.

TECdream, **Sistema ICF**. Disponível em: <<http://tecdream.com/sistema-icf/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

TERMOVALE, **O que é EPS? (O que é isopor?) – Novidades e Dicas**. Disponível em: <<https://termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/o-que-e-eps-o-que-e-isopor/>> Acesso em: 9 mar. 2021.

ANEXOS

ANEXO A

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS COMUNS ENTRE OS DOIS MÉTODOS | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|--|----------|----------------|----------------|------------------|-------------------|
| Item | Referência de preço | Código | Descrição | Quantid. | Unidade | Valor unitário | Valor Total | Total c/ BDI 20% |
| 1.0 | Serviços Preliminares | | | | | | 6300,19 | 7560,228 |
| 1.1 | SINAPI | 98524 | LIMPEZA MANUAL DE VEGETAÇÃO EM TERRENO COM ENXADA | 240 | m ² | 2,81 | 674,4 | 809,28 |
| 1.2 | SINAPI | 98458 | TAPUME COM COMPENSADO DE MADEIRA. | 25 | m ² | 119,23 | 2980,75 | 3576,9 |
| 1.3 | SINAPI | 99059 | LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS P ONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. A | 53,5 | m | 49,44 | 2645,04 | 3174,048 |
| 2.0 | INFRAESTRUTURA | | | | | | 26539,842 | 31847,8098 |
| 2.1 | SINAPI | 96529 | FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. | 11,23 | m ² | 296,92 | 3334,4116 | 4001,29392 |
| 2.2 | SINAPI | 96531 | FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BLOCO DE COROAMENTO, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 2 UTILIZAÇÕES. | 8,68 | m ² | 113,86 | 988,3048 | 1185,96576 |
| 2.3 | SINAPI | 96530 | FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 2 UTILIZAÇÕES. | 32,05 | m ² | 101,69 | 3259,1645 | 3910,9974 |
| 2.4 | SINAPI | 96557 | CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. A | 3,31 | m ³ | 421,48 | 1395,0988 | 1674,11856 |

| | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|------------|--|-------|----------------|------------|----------------|-----------------------|
| 2.5 | SINAPI | 9655 8 | CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. | 0,9 | m ³ | 427,9 1 | 385,119 | 462,1428 |
| 2.6 | SINAPI | 9654 3 | ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME E SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. | 556 | kg | 18,61 | 10347,1 6 | 12416,59 2 |
| 2.7 | SINAPI | 9654 5 | ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. | 127 | kg | 16,62 | 2110,74 | 2532,888 |
| 2.8 | SINAPI | 9654 6 | ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 M M - MONTAGEM. | 71 | kg | 14,89 | 1057,19 | 1268,628 |
| 2.9 | SINAPI | 9652 3 | ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE F M3 C 80,31 ÔRMA. AF_06/2017 | 0,8 | m ³ | 80,31 | 64,248 | 77,0976 |
| 2.1 0 | SINAPI | 9652 7 | ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME, COM PREVISÃO DE FÔRMA. | 4,5 | m ³ | 105,4 1 | 474,345 | 569,214 |
| 2.1 1 | SINAPI | 9854 6 | IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, UMA CAMADA, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM. | 32,05 | m ² | 75,74 | 2427,46 7 | 2912,960 4 |
| 2.1 2 | SINAPI | 9430 4 | ATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 m, COM SOLO ARGILO-ARENOSO | 16,05 | m ³ | 26,11 | 419,065 5 | 502,8786 |
| 2.1 3 | SINAPI | 9662 2 | Lastro com material granular, aplicação em pisos ou radiers, espessura de *5 cm*. | 2,69 | m ³ | 103,1 7 | 277,527 3 | 333,0327 6 |
| 3.0 | SUPRAESTRUTURA | | | | | | 9454,32 | 11345,18 4 |
| 3.1 | SINAPI | 1019 64 | LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, | 54 | m ² | 141,6 4 | 7648,56 | 9178,272 |

| | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|---|------|----------------|-------|------------------|------------------|
| | | | ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL | | | | | |
| 3.2 | SINAPI | 87886 | CHAPISCO APLICADO NO TETO, COM DESEMPENADEIRA DENTADA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. | 108 | m ² | 16,72 | 1805,76 | 2166,912 |
| 4.0 | PISOS | | | | | | 10680,74 | 12816,888 |
| 4.1 | SINAPI | 101749 | PISO CIMENTADO, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ACABAMENTO LISO, ESPESSUR A 4,0 CM, PREPARO MECÂNICO DA ARGAMASSA | 53,5 | m ² | 40,92 | 2189,22 | 2627,064 |
| 4.2 | SINAPI | 87620 | CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 2CM. | 53,5 | m ² | 27,78 | 1486,23 | 1783,476 |
| 4.3 | SINAPI | 101748 | PREPARO DE CONTRAPISO COM POLITRIZ. | 53,5 | m ² | 93,64 | 5009,74 | 6011,688 |
| 4.4 | SINAPI | 93390 | REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5 M2 E 10 m ² | 53,5 | m ² | 37,3 | 1995,55 | 2394,66 |
| 5.0 | COBERTURA | | | | | | 5320,8695 | 6385,0434 |
| 5.1 | SINAPI | 92544 | TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ESTRUTURAL DE FIBROCIMENTO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL | 58 | m ² | 17,82 | 1033,56 | 1240,272 |
| 5.2 | SINAPI | 94207 | TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE | 58 | m ² | 41,84 | 2426,72 | 2912,064 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------------------|-----------|--|--------|----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. | | | | | |
| 5.3 | SINAPI | 9423 1 | RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. | 38,01 | m | 48,95 | 1860,58 95 | 2232,707 4 |
| 6.0 | PINTURA | | | | | | 2434,82 87 | 2921,794 44 |
| 6.1 | SINAPI | 8849 0 | APLICAÇÃO MECÂNICA DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM TETO, DUAS DEMÃOS | 53,5 | m ² | 8,87 | 474,545 | 569,454 |
| 6.2 | SINAPI | 8849 1 | APLICAÇÃO MECÂNICA DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. | 137,55 | m ² | 8,59 | 1181,55 45 | 1417,865 4 |
| 6.3 | SINAPI | 8848 9 | Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes, duas demãos. | 77,64 | m ² | 10,03 | 778,729 2 | 934,4750 4 |
| 7.0 | INSTALAÇÕES | | | | | | 12636,3 15 | 15163,57 8 |
| 7.1 | | | INSTALAÇÕES ELÉTRICAS | 1 | Un. | 6,5% do total | 7142,26 5 | 8570,718 |
| 7.2 | | | INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS | 1 | Un. | 5% do total | 5494,05 | 6592,86 |
| 8.0 | ESQUADRIAS | | | | | | 5623,50 7 | 6748,208 4 |
| 8.1 | SINAPI | 9082 1 | PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 70X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | 1 | Un. | 227,3 4 | 227,34 | 272,808 |
| 8.2 | SINAPI | 9082 2 | OPORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, INCLUSO DOBRADIÇAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | 5 | Un. | 243,8 | 1219 | 1462,8 |
| 8.3 | SINAPI | 9456 2 | JANELA DE AÇO DE CORRER COM 4 FOLHAS PARA VIDRO, COM BATENTE, FERRAGENS E PINTURA ANTICORROSIVA. EXCLUSIVE VIDROS, ALIZAR E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | 7,02 | m ² | 554,5 3 | 3892,80 06 | 4671,360 72 |

| | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-----------|--|------|----------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| 8.4 | SINAPI | 9455 9 | JANELA DE AÇO TIPO BASCULANTE PARA VIDROS, COM BATENTE, FERRAGENS E PINTURA ANTICORROSIVA. EXCLUSIVE VIDROS, ACABAMENTO, ALIZAR E CONTRAMARC O. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | 0,48 | m ² | 592,4 3 | 284,366 4 | 341,2396 8 |
| 9.0 | ACABAMENTOS | | | | | | 292,95 | 351,54 |
| 9.1 | SINAPI | 8864 8 | RODAPÉ CERÂMICO DE 7CM DE ALTURA COM PLACAS TIPO ESMALTADA EXTRA DE DIMENSÕES 35X35CM. | 52,5 | m | 5,58 | 292,95 | 351,54 |
| 10. 0 | ACESSÓRIOS BWC | | | | | | 663,86 | 796,632 |
| 10. 1 | SINAPI | 8693 1 | VASO SANITÁRIO SIFONADO COM CAIXA ACOPLADA LOUÇA BRANCA, INCLUSO ENGAT E FLEXÍVEL EM PLÁSTICO BRANCO, 1/2 X 40CM - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | 1 | Un. | 486,3 5 | 486,35 | 583,62 |
| 10. 2 | SINAPI | 9554 6 | KIT DE ACESSORIOS PARA BANHEIRO EM METAL CROMADO, 5 PECAS, INCLUSO FIXAÇÃO. | 1 | Un. | 177,5 1 | 177,51 | 213,012 |
| VALOR FINAL | | | | | | | 79947,4 22 | 95936,90 604 |

ANEXO B

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS DIVERGENTES - ALVENARIAS | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---|------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|
| Alvenaria Convencional | | | | | | | | |
| Item | Referência de preço | Código | Descrição | Quantidade | Unidade | Valor unitário | Valor Total | Total c/ BDI 20% |
| 1.0 | SUPERESTRUTURAS | | | | | | 15888,922 | 19066,7058 |
| 1.1 | SINAPI | 92419 | MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. | 19,98 | m ² | 78,79 | 1574,2242 | 1889,06904 |
| 1.1.1 | SINAPI | 92777 | ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. | 87,6 | Kg | 16,61 | 1455,036 | 1746,0432 |
| 1.1.2 | SINAPI | 92778 | ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM | 62,7 | Kg | 14,82 | 929,214 | 1115,0568 |
| 1.1.3 | SINAPI | 92784 | ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. | 70,1 | Kg | 16,62 | 1165,062 | 1398,0744 |
| 1.1.4 | SINAPI | 92718 | CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M ² - LANÇAMENTO, ADE | 1,95 | m ³ | 528,18 | 1029,951 | 1235,9412 |

| | | | | | | | | |
|-------|----------------------|-------|--|--------|----------------|--------|------------------|--------------------|
| | | | NSAMENTO E ACABAMENTO. | | | | | |
| 1.1.5 | SINAPI | 92723 | CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. | 2,87 | m ³ | 394,82 | 1133,1334 | 1359,76008 |
| 1.1.6 | SINAPI | 92447 | MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES. A | 35,33 | m ² | 178,13 | 6293,3329 | 7551,99948 |
| 1.1.7 | SINAPI INSUMOS | 33 | ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO | 87,6 | Kg | 11,04 | 967,104 | 1160,5248 |
| 1.1.8 | SINAPI INSUMOS | 34 | ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO | 62,7 | Kg | 10,4 | 652,08 | 782,496 |
| 1.1.9 | SINAPI INSUMOS | 43059 | ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO | 70,1 | Kg | 9,84 | 689,784 | 827,7408 |
| 2.0 | VEDAÇÃO | | | | | | 9723,3144 | 11667,97728 |
| 2.0 | SINAPI | 87524 | ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14 X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. | 119,76 | m ² | 81,19 | 9723,3144 | 11667,97728 |
| 3.0 | REVESTIMENTOS | | | | | | 15629,976 | 18755,9712 |
| 3.1 | SINAPI | 87905 | CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, | 215,2 | m ² | 7,25 | 1560,2 | 1872,24 |

| | | | | | | | | |
|--------------------|--------|-----------|--|-------|----------------|-------|-----------------------|-------------------------|
| | | | COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. | | | | | |
| 3.2 | SINAPI | 8754 8 | MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPES SURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. | 215,2 | m ² | 19,78 | 4256,65 6 | 5107,987 2 |
| 3.3 | SINAPI | 8777 5 | EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM. | 215,2 | m ² | 45,6 | 9813,12 | 11775,74 4 |
| VALOR FINAL | | | | | | | 41242,2 12 | 49490,65 428 |

ANEXO C

| TABELA DE ORÇAMENTO DAS ETAPAS DIVERGENTES - ALVENARIAS | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---|------------|---------|----------------|------------------|-------------------|
| Sistema ICF | | | | | | | | |
| Item | Referência de preço | Código | Descrição | Quantidade | Unidade | Valor unitário | Valor Total | Total c/ BDI 20% |
| 1.0 | SUPERESTRUTURAS | | | | | | 19646,701 | 23576,0412 |
| 1.1 | FABRICA NTE | | FORMAS lforms 18 | 119,76 | m² | 112 | 13413,12 | 16095,744 |
| 1.1.1 | SINAPI INSUMOS | 38408 | CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 190 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953) | 9,8 | m³ | 361,27 | 3540,446 | 4248,5352 |
| 1.1.2 | | 32 | ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO | 245,5 | Kg | 10,97 | 2693,135 | 3231,762 |
| 1.1.3 | Revestimentos | | | | | | 12274,52 | 14729,424 |
| 1.2 | | | CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA DE FORMAS EPS, COM EQUIPAMENTO DE PROJEÇÃO. ARGAMASSA FEITA DE CIMENTO, AREIA FINA E ADITIVO DE RESINA SINTÉTICA PRÓPRIO PARA EPS. | 215,2 | m² | 7,25 | 1560,2 | 1872,24 |
| | FABRICA NTE | | ADITIVO PARA CHAPISCO BALDE DE 25 LITROS | 3 | Un. | 230 | 690 | 828 |
| | SINAPI INSUMOS | 3312 | ARAME DE AMARRACAO PARA GABIAO GALVANIZADO, DIAMETRO 2,2 MM | 10 | KG | 21,12 | 211,2 | 253,44 |
| 1.2.1 | | | REBOCO APLICADO NO CHAPISCO DE FORMAS EPS, COM EQUIPAMENTO DE PROJEÇÃO. ARGAMASSA FEITA DE CIMENTO, AREIA FINA E ADITIVO DE RESINA SINTÉTICA PRÓPRIO PARA EPS. | 215,2 | m² | 45,6 | 9813,12 | 11775,744 |
| 1.1.6 | Mão de obra | | | | | | 17125,68 | 9341,28 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--------|----------------|----|-----------------------|------------------------|
| 1.3 | | MONTAGEM, ARMAÇÃO, CONCRETAGEM, CHAPISCO, EMBOÇO E REBOCO. | 119,76 | m ² | 65 | 7784,4 | 9341,28 |
| VALOR FINAL | | | | | | 49046,9 01 | 47646,74 52 |

ANEXO D

Relação de pranchas e conteúdos listados a seguir:

- Prancha 01 – Projetos Arquitetônicos: Planta Baixa, Planta de Cobertura, Elevação Frontal, Cortes e Modelos 3D;
- Folha 02 – Projeto Estrutura, Projeto Sanitário, Modulação de Formas ICF.

ANEXO E

Neste anexo constam os projetos estruturais calculados por meio do *software AltoQi eberick*, ambos na prancha 01/01 e sem escala.