

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura
Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade
Aplicados ao Ambiente Construído

GABRIELA CORRÊA BRASIL MASCARENHAS

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MATERIAIS
CONVENCIONAIS x COM MATERIAIS DE CARACTERÍSTICAS SUSTENTÁVEIS
EM UMA EDIFICAÇÃO

Belo Horizonte
2012

GABRIELA CORRÊA BRASIL MASCARENHAS

**COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MATERIAIS
CONVENCIONAIS x COM MATERIAIS DE CARACTERÍSTICAS SUSTENTÁVEIS
EM UMA EDIFICAÇÃO**

Trabalho apresentado à Escola de
Arquitetura da Universidade Federal
de Minas Gerais para obtenção do
Título de Especialista em Sistemas
Tecnológicos e Sustentabilidade
Aplicados ao Ambiente Construído

Orientadora: Grace Cristina Roel
Gutierrez

Belo Horizonte
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

M395c

Mascarenhas, Gabriela Corrêa Brasil.

Comparação de desempenho térmico de materiais convencionais x com materiais de características sustentáveis em uma edificação [recurso eletrônico] / Gabriela Corrêa Brasil Mascarenhas. - 2025.

1 recurso eletrônico (53 f. : il.), pdf.

Orientadora: Grace Cristina Roel Gutierrez.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura sustentável. 2. Arquitetura e conservação de energia. 3. Conforto térmico. 4. Energia - Conservação. I. Grace, Cristina Roel Gutierrez. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.47

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA GABRIELA CORREA BRASIL MASCARENHAS COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS TECNOLÓGICOS E SUSTENTABILIDADE APLICADOS AO AMBIENTE CONSTRUÍDO.

Aos doze dias do mês de dezembro de 2012, reuniu-se na sala 124 da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela **Profa Dra. Cynara Fiedler Bremer-orientadora-Presidente, profa. Grace Cristina Roel Gutierrez, e profa. Iraci Miranda Pereira**, como membros titulares internos, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em **Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído** para avaliação da monografia intitulada “*Comparação de desempenho térmico de materiais convencionais X com materiais de características Sustentáveis de uma Edificação*” de autoria da aluna **Gabriela Correa Brasil Mascarenhas** como requisito final para obtenção do certificado e especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que seja encaminhado 01 (um) exemplar para o Repositório da UFMG

Belo Horizonte, 12 de Dezembro de 2012

Prof. Dra. Cynara Fiedler Bremer
orientadora-Presidente



Documento assinado digitalmente
GRACE CRISTINA ROEL GUTIERREZ
Data: 24/07/2025 17:06:23-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Profa. Grace Cristina Roel Gutierrez
Membro Titular Interno

Prof. Iraci Miranda Pereira
Membro Titular Interno

“Você deve ser a mudança que gostaria de ver no mundo.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A casa sustentável é relativamente parecida com uma casa tradicional, embora com diferenças significativas para o meio ambiente e seu desempenho térmico, com a aplicação de alguns sistemas e materiais adequados para aquele local e suas necessidades. Neste estudo de caso foi realizada uma análise e comparação de desempenho da envoltória de um mesmo edifício comercial especificado de duas formas: um edifício com materiais e sistemas construtivos convencionais típicos do local em que será implantada a edificação; e outra solução com materiais e sistemas construtivos sustentáveis. Primeiramente foi feita uma pesquisa de materiais e caracterização da edificação em relação aos requisitos bioclimáticos e sustentabilidade de materiais. A análise foi estabelecida com base em dados pesquisados, simulações e análises, visando a desempenho térmico destas soluções, com o objetivo de estabelecer análise crítica e comparações do desempenho de soluções e escolhas de materiais mais eficientes, com propriedades térmicas adequadas ao clima, materiais de construção de baixo consumo energético, considerando o conforto térmico, desempenho e custo. Essas especificações foram simuladas no programa S3E e seus resultados obtidos, e analisados os pontos positivos e dificuldades. Os resultados sugerem que as deficiências observadas na edificação convencional poderiam ser evitadas pela incorporação das análises locais aprofundadas e pesquisa de materiais adequados para maior eficiência, conforto naquele determinado espaço e redução das necessidades energéticas.

Palavras-chaves: envoltória; materiais construtivos; estudo de caso; simulação; eficiência energética em edificações; sustentabilidade do ambiente construído.

ABSTRACT

A sustainable home is relatively similar to a traditional home, albeit with significant differences in environmental and thermal performance, with the application of certain systems and materials appropriate to the location and its needs. This case study analyzed and compared the performance of the envelope of the same commercial building, specified in two ways: one building with conventional construction materials and systems typical of the location where the building will be located; and another solution with sustainable construction materials and systems. First, a materials survey and characterization of the building in relation to bioclimatic requirements and material sustainability were conducted. The analysis was based on research data, simulations, and analyses, focusing on the thermal performance of these solutions. The goal was to critically analyze and compare the performance of solutions and choose more efficient materials, with thermal properties appropriate to the climate, low-energy building materials, considering thermal comfort, performance, and cost. These specifications were simulated in the S3E program, and the results obtained, and their strengths and weaknesses were analyzed. The results suggest that the deficiencies observed in conventional buildings could be avoided by incorporating in-depth site analyses and research into appropriate materials for greater efficiency, comfort in that particular space, and reduced energy needs.

Keywords: building envelope; construction materials; case study, simulation; energy efficiency in buildings; sustainability of the built environment.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
.1 OBJETIVOS	8
.1.1 Objetivo Geral.....	8
.1.2 Objetivo específico	8
.2 CONFORTO E MATERIAIS.....	9
.2.1 Conforto x tecnologia.....	9
.2.2 Materiais: saúde e impacto.....	10
.3 ESTUDO DE CASO	13
.3.1 Caracterização do Local.....	13
.3.2 Diagnóstico Bioclimático.....	15
.3.3 Descrição da Edificação	19
.3.4 Aberturas.....	25
4. ANÁLISE E RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO DE ENVOLTÓRIA.....	25
.4.1 Descrição dos materiais convencionais utilizados no edifício	27
.4.2 Descrição dos materiais com características sustentáveis utilizados no edifício.....	28
.4.3 Absortância: Fachadas e Coberturas	31
.4.4 Simulação S3E.....	32
.4.5 Custos/m ²	34
.5 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	35
.6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	38
REFERÊNCIAS	41
ANEXOS.....	43

INTRODUÇÃO

O conceito de edificação sustentável é relativo e está em constante evolução. Atualmente, a casa sustentável é relativamente semelhante à uma casa tradicional, porém com diferenças significativas para o meio ambiente, como a aplicação de alguns sistemas e materiais adequados para aquele local e suas necessidades.

“A tecnologia é o principal motor do projeto. A maior preocupação do desenvolvimento sustentável não é o que as edificações são, mas o que fazem e como fazem.” (EDWARDS, 2005)

Uma edificação pode gerar um impacto ambiental bem menor que o das casas tradicionais. Como por exemplo, a iluminação e ventilação natural, materiais e técnicas de baixo impacto ambiental, isolamento térmico, economia de água e energia, entre outras vantagens. Os passos que conceituam um projeto sustentável podem se desdobrar em parâmetros e ser cada vez mais detalhados conforme a complexidade do projeto e seu entorno.

Este trabalho busca estabelecer comparações de desempenho dos materiais e direcionar o melhor caminho, na especificação de materiais e sistemas mais eficientes, baseadas na comparação de materiais convencionais x sustentáveis em um edifício, uma Clínica localizada em Cardeal Mota – MG, o projeto arquitetônico que se tornou instrumento deste trabalho, foi concebido pela autora deste estudo, arquiteta Gabriela Brasil. A concepção do projeto possui especificações convencionais, típicas do local em que será implantada a edificação. Este estudo contempla a comparação destas especificações, com materiais e soluções sustentáveis, baseado em dados pesquisados, simulações e análises, visando a desempenho térmico destas soluções.

.1 OBJETIVOS

Neste estudo de caso, pretende-se analisar o desempenho da envoltória de um edifício especificado com materiais e sistemas construtivos convencionais e materiais e sistemas construtivos sustentáveis, resultando numa discussão em relação aos benefícios obtidos com emprego de técnicas e materiais com características sustentáveis.

.1.1 Objetivo Geral

Comparar os materiais convencionais geralmente utilizados na região sudeste do país, que possuem características similares aos originalmente especificados no projeto convencional deste trabalho, com especificações de materiais com atributos sustentáveis, que foram adaptados ao projeto existente possibilitando uma maior eficiência do edifício em relação ao local onde será inserido.

.1.2 Objetivo específico

Estabelecer análise referente ao desempenho de soluções convencionais e sustentáveis, possibilitando na comparação de dados e propriedades térmicas dos materiais especificados neste estudo.

Selecionar, com base em dados de pesquisas, materiais adequados ao clima e de baixo consumo energético; considerando o conforto térmico, desempenho e custo; com foco na sustentabilidade.

.2 CONFORTO E MATERIAIS

.2.1 Conforto x tecnologia

Para nos proteger do clima, necessitamos de três peles, a primeira é nossa pele natural, a segunda nossa roupa e a terceira são nossas edificações, quanto mais extremo o clima, mais precisamos da nossa “terceira pele” (ROAF, 2009).

Desde a antiguidade até os tempos de hoje, proporcionar conforto nas edificações é responsabilidade dos arquitetos, sistemas como a ventilação cruzada e elementos de sombreamentos. À partir do século XIX surgiram tecnologias que agregaram novas possibilidades aos projetos; materiais como ferro, concreto armado e o aço, facilitaram na construção de prédios mais altos e mais leves. No século XX, surgiram sistemas de iluminação e refrigeração artificial, solucionando alguns problemas encontrados em alguns projetos. Nesta época, muitos arquitetos passaram a ignorar as soluções que anteriormente eram adotadas para o conforto térmico e boa iluminação natural nas edificações, por soluções artificiais, reduzindo a conexão dos usuários com o exterior. Ainda não havia uma consciência ambiental e preocupação com o consumo excessivo de energia.

“As edificações tem suas vidas térmicas próprias além do que podemos ver... tem sido tradicionalmente projetadas com base em premissas aceitas (proposições que são adotadas após ponderação), bem como condicionantes (a edificação e os acessórios definidos no início de um trabalho de projeto). Três princípios nos quais todas as edificações deveriam se basear, são: 1) projetar para um clima específico; 2) projetar para o meio ambiente social e físico; 3) projetar para o tempo, seja o dia ou a noite, uma estação ou a vida útil de um edifício, e para uma edificação que se adaptara ao longo dos anos.” (ROAF, 2009)

Nos dias de hoje, com a compreensão dos impactos ambientais e a limitação de recursos naturais, as pessoas passaram a reduzir o consumo de energia e passaram a buscar o contato com o externo, a luz diurna e a ventilação natural, o conforto é essencial para proporcionar ambientes saudáveis, abrangendo térmica, umidade, ventilação e iluminação equilibradas.

.2.2 Materiais: saúde e impacto

A falta de condições de conforto gera a proliferação de mofo e bactérias, causando doenças e alergias nos seres humanos. Para se projetar uma edificação em que o ambiente interno possua uma boa qualidade à saúde dos usuários, deve-se pensar na acústica, iluminação natural, no conforto visual, conexão com exterior e conforto térmico. Quando o clima externo é frio, a edificação deve reter o calor e quando o clima é quente deve rejeitar o calor. Para controlar esses fatores, depende das soluções das janelas e as especificações dos materiais para controlar o conforto térmico necessário.

Toxinas nocivas, produtos químicos poluentes e solventes à base de petróleo devem ser evitados e substituídos pelos vernizes, sinteco e acabamentos que contenham pouco ou zero composto orgânico volátil (COV), que é o principal causador da poluição do ar e contêm ainda metais pesados com elevado poder cancerígeno (Tabela 1). As colas muito usadas nos móveis e pisos contêm químicos nocivos (solventes derivados do petróleo), portanto é melhor optar por técnicas que evitem o uso delas. Caso seja necessário o uso destas, opte por marcas derivadas de água ou vegetais.

Tabela 1- Agentes com poder cancerígeno presentes em tinta.

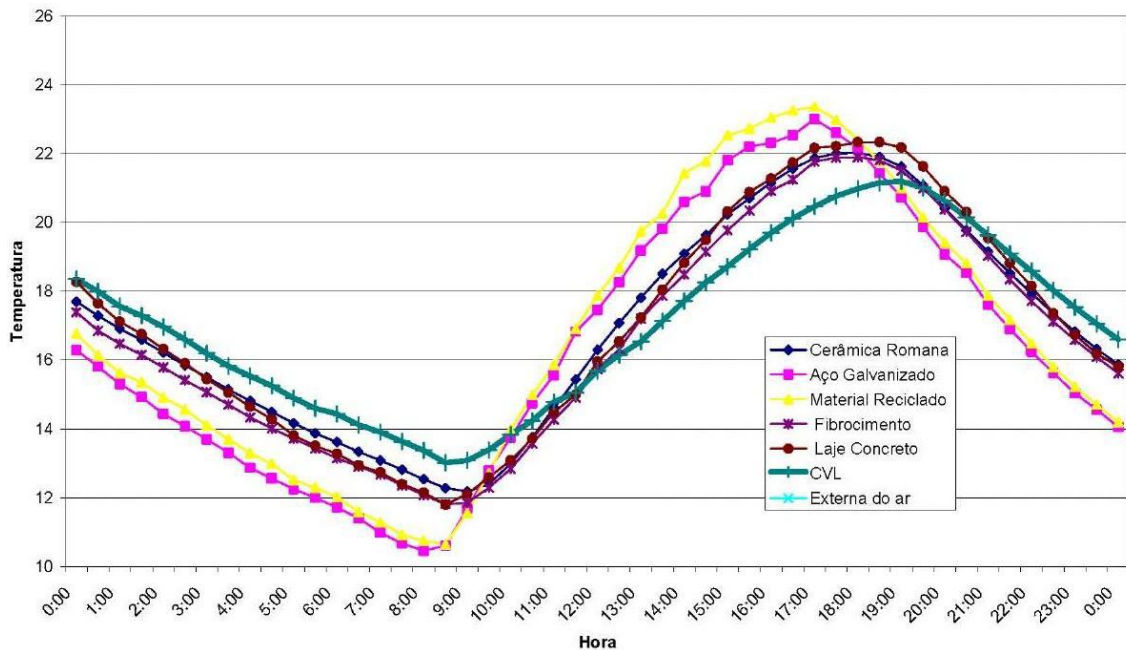
Agente cancerígeno	Fonte
Cromo	Primários, tintas
Cádmio	Pigmentos
Benzeno	Solventes
Cloreto de metileno	Decapantes
Estireno	Solventes orgânicos
Níquel	Pigmentos
Chumbo	Primários, secantes, pigmentos

Fonte: International Agency for Research on Cancer (1995) e United Nations Centre for Human Settlements (1997).

Materiais usados na construção civil armazenam radiação solar e reemitem essa radiação na forma de calor, tornando mais quentes. O acúmulo desse calor durante o dia devido às propriedades de absorção dos materiais utilizados na construção

comprometem a durabilidade e desgaste dos mesmos reduzindo conseqüentemente a vida útil da edificação.

Gráfico 1 - Comparação da temperatura interna de materiais utilizados em telhados.



Fonte: LAAR (2002) apud ARAÚJO (2007).

A construção civil produz cerca de 35% à 40% de todo o resíduo gerado no planeta pelo homem, o volume de entulho gerado por ano é de 400g por habitante. Quantidades imensas de madeira, metal e concreto são usadas na construção civil, o uso da madeira é responsável em média por um quarto do impacto do homem sobre a vida selvagem e ecossistemas naturais. Há um gasto imenso de energia para manter os ambientes em temperaturas confortáveis, quartos iluminados, eletrônicos e eletrodomésticos funcionando. Cerca de 80% das casas atuais não usam a eletricidade e a água de maneira eficiente.

Características como topografia, vegetação, edificações adjacentes e microclima afetam as soluções de projeto. A edificação deve estar em uma orientação solar adequada, e o sistema de vedações externas também deve ser bem pensado, desde a fundação até a cumeeira do telhado, soluções como câmaras ou barreiras de ar, são muito importantes de para se manter uma edificação bem vedada,

reduzem a perda e ganho térmicos por convecção.

Edificações comerciais tem o número de usuário maior que residenciais, sendo assim há um maior índice de calor interno, pois as pessoas e equipamentos que consomem energia geram calor. Com relação aos vidros e janelas, existem vidros duplos com películas com um bom desempenho térmico. O vidro incolor possui alta emissividade. As esquadrias de alumínio são resistentes e leves, mas tem alta condutividade térmica, já a madeira é usada a séculos e possui um ótimo desempenho térmico.

A iluminação elétrica deve ser integrada com a iluminação natural, gerando assim maior economia de acordo com a necessidade de quantidade certa de luz. As coberturas mais claras, chamadas coberturas frias, refletem o calor e absorvem menos, reduzindo o calor e a transmissão para o ambiente interno. Telhados verdes também agem como coberturas frias, além de proporcionar retenção de água pluvial, e habitat para pássaros e pequenos animais.

As usinas de cerâmica são alimentadas por carvão e são altamente poluentes, se optarmos por ladrilhos tijolos e telhas de vidro reciclados economizaríamos energia da produção destes. Pavimentos porosos para área externa reduzem os problemas de drenagem e evita que poluentes contaminem a água subterrânea.

Deve-se optar por madeira certificada pelo FSC, o Conselho de Manejo Florestal. Quando for necessário o uso de madeira tratada para paisagismo ou bancos, evita-se o vazamento de produtos químicos tóxicos da madeira tratada no solo e na água subterrânea, optando por uso do plástico reciclado, reduzindo garrafas plásticas que vão para o lixo e corte de árvores.

Escolher materiais mais duráveis, como granito, aço inoxidável, reduzirá o gasto de energia e o desperdício para produção de novos materiais. Optar por cimento com pelo menos 75% de material reciclado; e gesso sintético ou cinzas volantes (sobra da queima de carvão) ao invés de gesso natural, minimizando a mineração da gipsita.

.3 ESTUDO DE CASO

Esse trabalho consistiu no desenvolvimento de uma série de levantamentos e estudos visando a comparação e especificação dos materiais de construção à partir da análise de um projeto de edificação: a) diagnóstico bioclimático do local; b) estudo de materiais e desempenho térmico; c) análise das especificações dos materiais convencionais e suas propriedades; d) estudo e especificação de soluções sustentáveis de maior desempenho; e) simulação no programa S3E (simulador de eficiência energética de edificações); f) análise dos resultados obtidos.

.3.1 Caracterização do Local

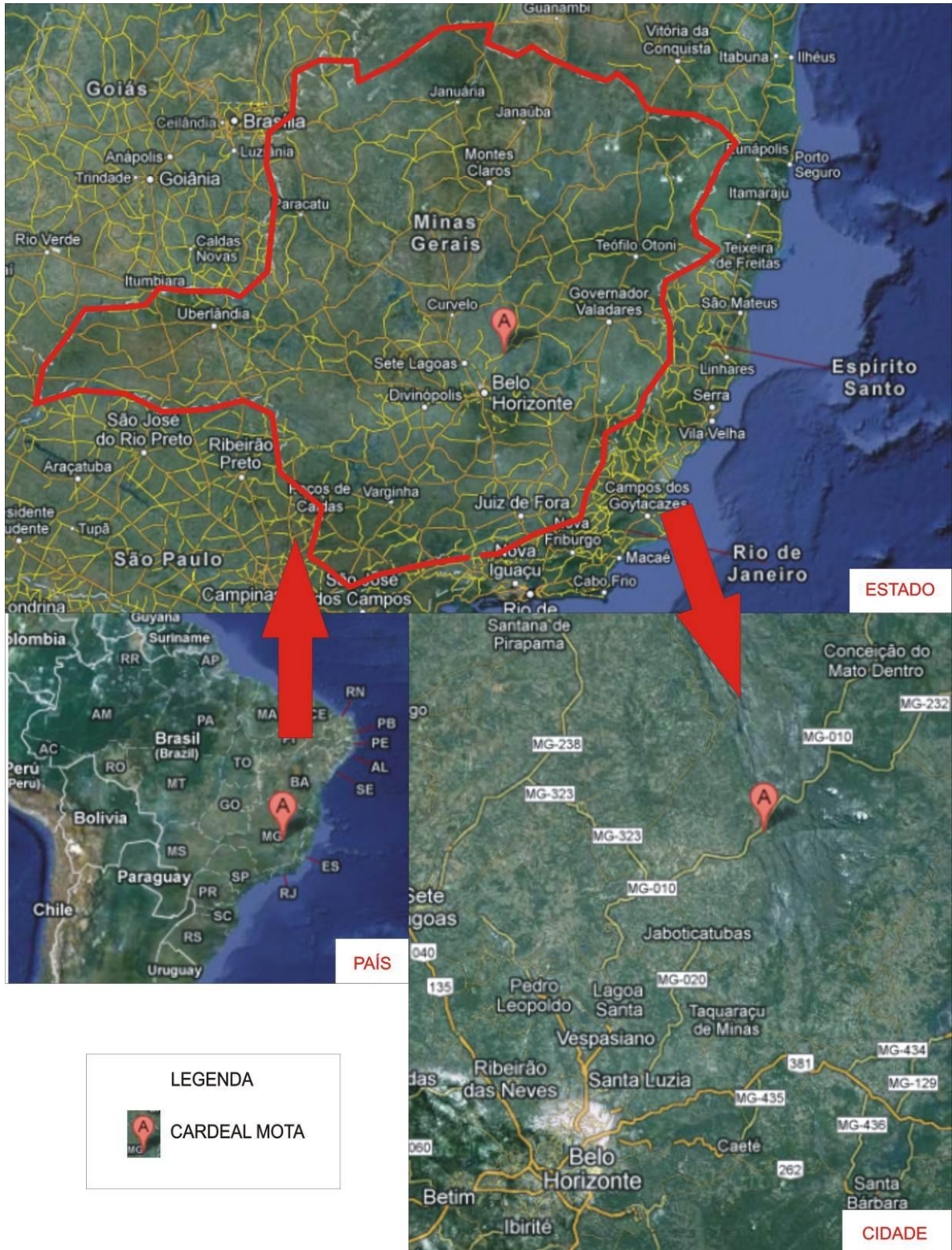
Localizada na porção sul da Cadeia do Espinhaço, a cerca de 100 quilômetros da cidade de Belo Horizonte - MG, e 70 quilômetros da cidade de Conceição do Mato Dentro-MG, na região da Serra do Cipó, Cardeal Mota é o único distrito do município de Santana do Riacho e o principal acesso ao local é feito pela rodovia MG-010, vindo de Lagoa Santa, e cujo eixo principal passa por dentro do distrito, criando uma ligação até a região do Serro (Figura 2).

A região como um todo é caracterizada por formações rochosas quartizíticas, em cristas e escarpas, de onde nascem as águas que vertem para o Rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco, localizado a oeste do Espinhaço. O clima na região é estacional, com verões úmidos e invernos secos, e a precipitação anual gira em torno de 1.500 mm, em média.

Figura 1 - Perfil morfológico do Planalto Meridional



Figura 2 - Mapa localização.



Fonte: <http://maps.google.com.br>.

O distrito da Serra do Cipó se situa em uma Área de Proteção Ambiental, denominada APA Morro da Pedreira, que possui 130 mil hectares e envolve todo o Parque Nacional Serra do Cipó, criado em 1972. A região possui três tipos de vegetações que são os Campos Rupestres (84%), o Cerrado (8%) e a Mata Atlântica (8%), abrangendo terras dos municípios de Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro.

Cardeal Mota (Santana do Riacho) - MG localiza-se na latitude: 19°20'S, longitude: 43°37'O (Figura 3) e 928m de altitude (Figura 1).

Figura 3 - Mapa localização, latitude e longitude.



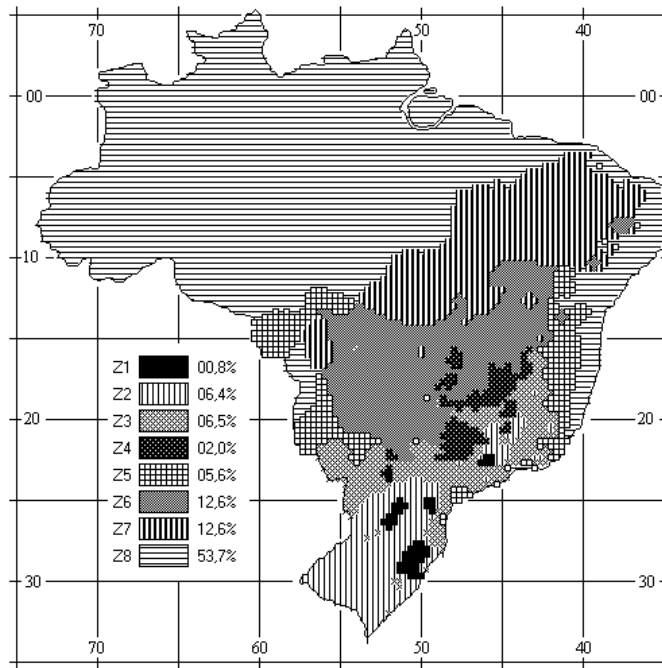
Fonte: Google Earth.

.3.2 Diagnóstico Bioclimático

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), a edificação encontra-se na zona bioclimática 3, ilustrada na Figura 2, está nas zona de aquecimento solar da edificação, massa térmica para aquecimento, devendo ter especial atenção com a desumidificação (renovação do ar) e ventilação. As diretrizes são paredes externas leves refletoras, cobertura leve isolada e aberturas médias com sol no inverno. As estratégias no verão é a ventilação cruzada, e no inverno o aquecimento solar da edificação e vedações internas.

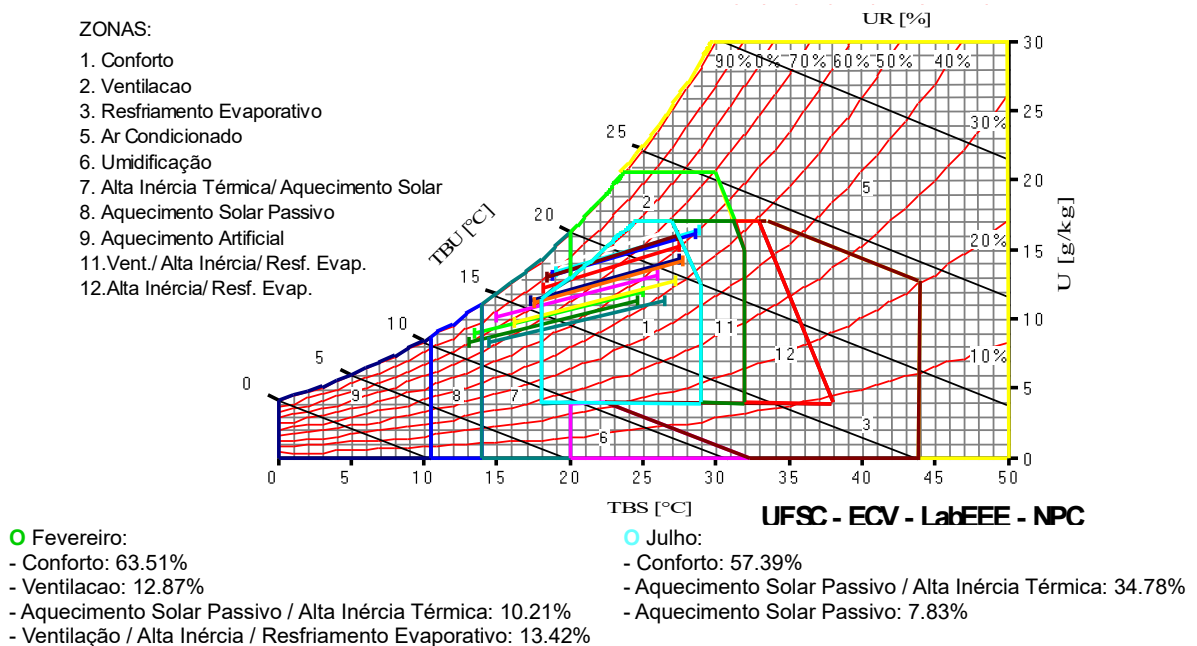
Assim como mostra na Carta Bioclimática Analysis Bio (Gráfico 2), a região está inserida na zona de conforto, influência da ventilação, inércia, ventilação noturna e aquecimento passivo. A seguir, a carta acompanhada de legenda.

Figura 4 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

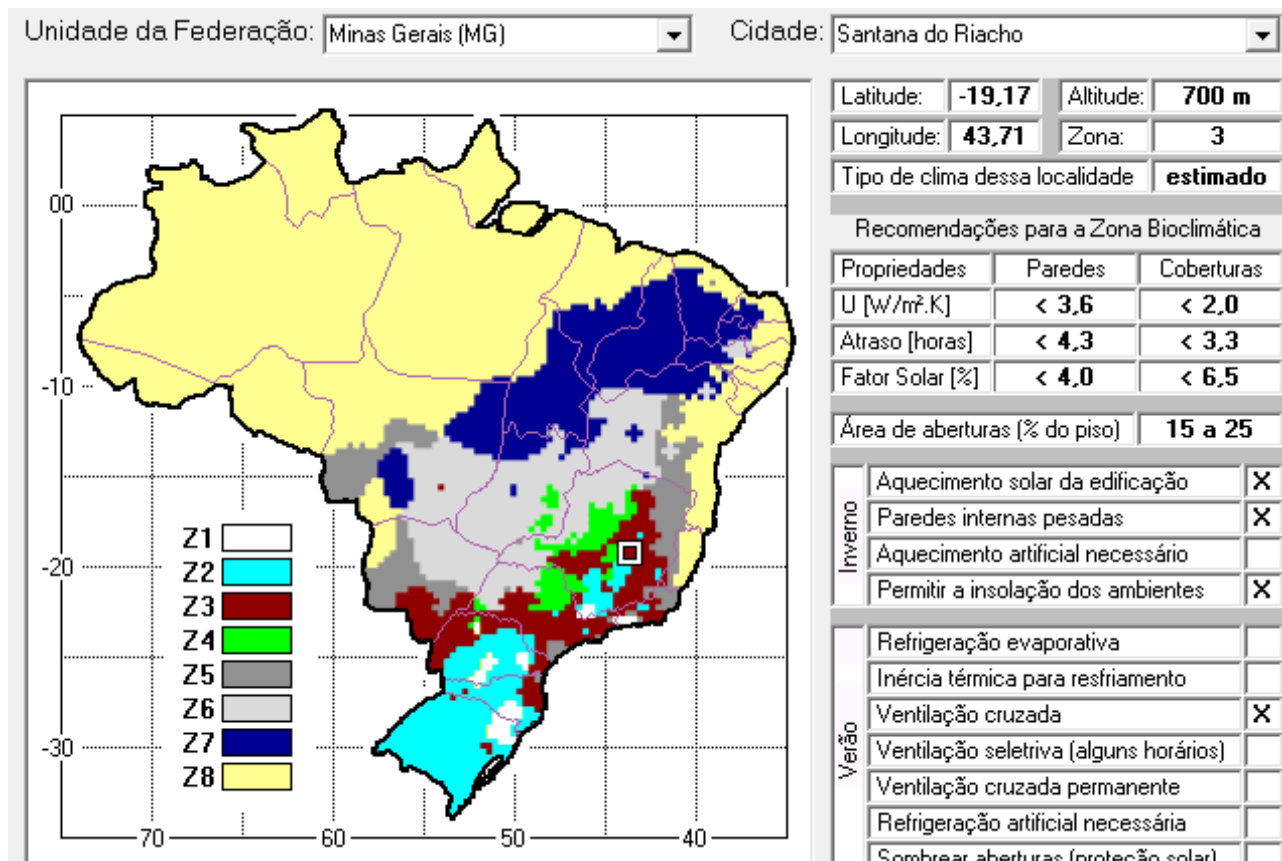
Gráfico 2 - Carta bioclimática da cidade de Cardeal Mota - MG, com dados de normais climatológica.



Fonte: Gráfico e relatório Analysis Bio

Outro instrumento utilizado neste trabalho, que sistematiza dados referentes ao clima, recomendações e necessidades para o projeto foi o programa ZBBR (Fig. 5).

Figura 5 - Classificação Bioclimática para a cidade de Santana do Riacho - MG.

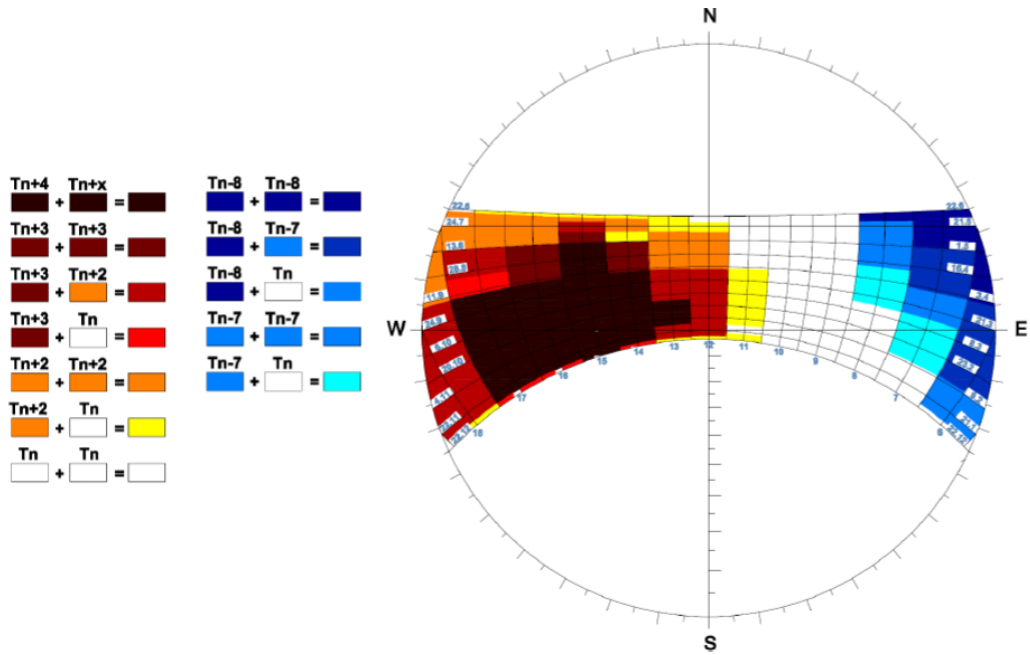


Fonte: Programa ZBBR

A Carta Solar que traz informações referentes ao movimento do sol ao longo do ano para uma determinada latitude, apresentando os ângulos de sombreamento recomendados em função das temperaturas e dados de radiação solar.

A partir dessa ferramenta é possível projetar elementos para compor a envoltória do edifício de forma que aumente o conforto térmico no interior do edifício. A cidade de Conceição do Mato Dentro possui coordenadas geográficas próximas às de Cardeal Mota e sua carta solar pode ser vista nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

Figura 6 - Carta Solar de Conceição do Mato Dentro – MG, latitude: 19,03° Sul, zona Bioclimática 3.



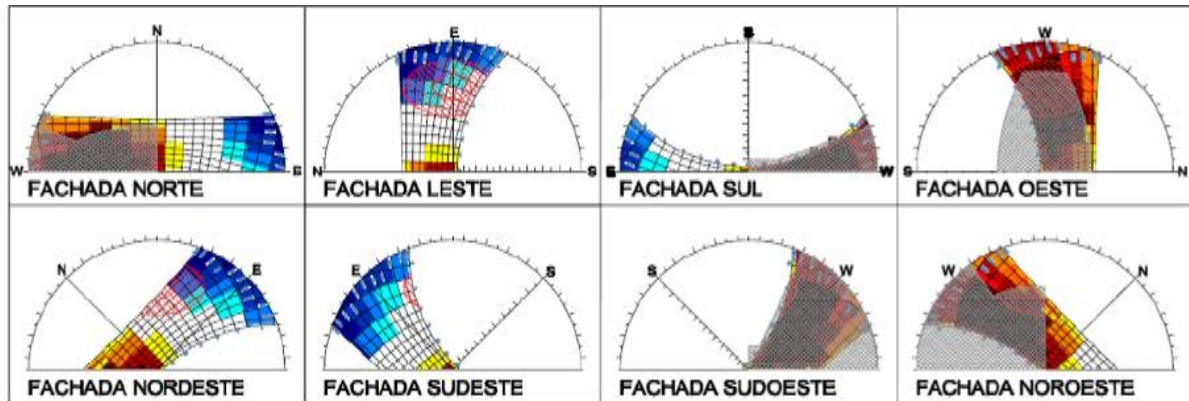
Fonte: www.arquitetura.ufmg.br/labcon

Figura 7 - Ângulos de proteção solar para Conceição do Mato Dentro – MG.

FACHADA NORTE Conc. do Mato Dentro	FACHADA OESTE Conc. do Mato Dentro	FACHADA SUDESTE Conc. do Mato Dentro																														
Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>40°</td><td>--</td><td>20°</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	40°	--	20°	--	--	Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>75°</td><td>--</td><td>--</td><td>40°</td><td>40°</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	75°	--	--	40°	40°	Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--
α	βd	βe	γd	γe																												
40°	--	20°	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
75°	--	--	40°	40°																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>50°</td><td>--</td><td>25°</td><td>10°</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	50°	--	25°	10°	--	Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>75°</td><td>--</td><td>--</td><td>50°</td><td>40°</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	75°	--	--	50°	40°	Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--
α	βd	βe	γd	γe																												
50°	--	25°	10°	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
75°	--	--	50°	40°																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
FACHADA SUL Conc. do Mato Dentro	FACHADA NORDESTE Conc. do Mato Dentro	FACHADA NOROESTE Conc. do Mato Dentro																														
Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>10°</td><td>20°</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	10°	20°	--	--	--	Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>65°</td><td>--</td><td>55°</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	65°	--	55°	--	--
α	βd	βe	γd	γe																												
10°	20°	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
65°	--	55°	--	--																												
Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>10°</td><td>20°</td><td>--</td><td>--</td><td>10°</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	10°	20°	--	--	10°	Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>20°</td><td>--</td><td>--</td><td>5°</td><td>30°</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	20°	--	--	5°	30°	Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>65°</td><td>--</td><td>70°</td><td>20°</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	65°	--	70°	20°	--
α	βd	βe	γd	γe																												
10°	20°	--	--	10°																												
α	βd	βe	γd	γe																												
20°	--	--	5°	30°																												
α	βd	βe	γd	γe																												
65°	--	70°	20°	--																												
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
FACHADA LESTE Conc. do Mato Dentro	FACHADA SUDESTE Conc. do Mato Dentro																															
Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α		βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>20°</td><td>65°</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	20°	65°	--	--	--										
α	βd		βe	γd	γe																											
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
20°	65°	--	--	--																												
Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>20°</td><td>65°</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	20°	65°	--	--	--											
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
20°	65°	--	--	--																												
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--	Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) <table border="1"> <tr><th>α</th><th>βd</th><th>βe</th><th>γd</th><th>γe</th></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </table>	α	βd	βe	γd	γe	--	--	--	--	--											
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												
α	βd	βe	γd	γe																												
--	--	--	--	--																												

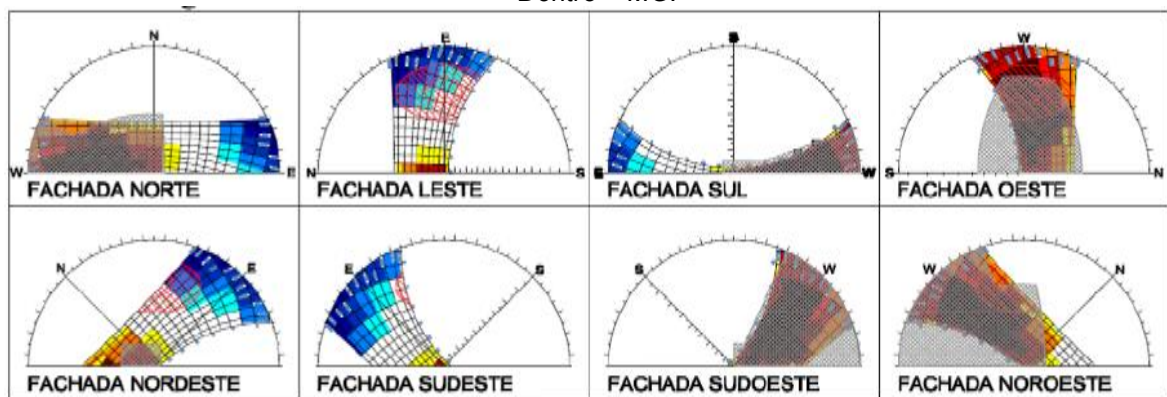
Fonte: www.arquitetura.ufmg.br/labcon

Figura 8 - Máscaras e ângulos de proteção solar, aberturas pequenas para Conceição do Mato Dentro – MG.



Fonte: www.arquitetura.ufmg.br/labcon

Figura 9 - Máscaras e ângulos de proteção solar, aberturas grandes para Conceição do Mato Dentro – MG.

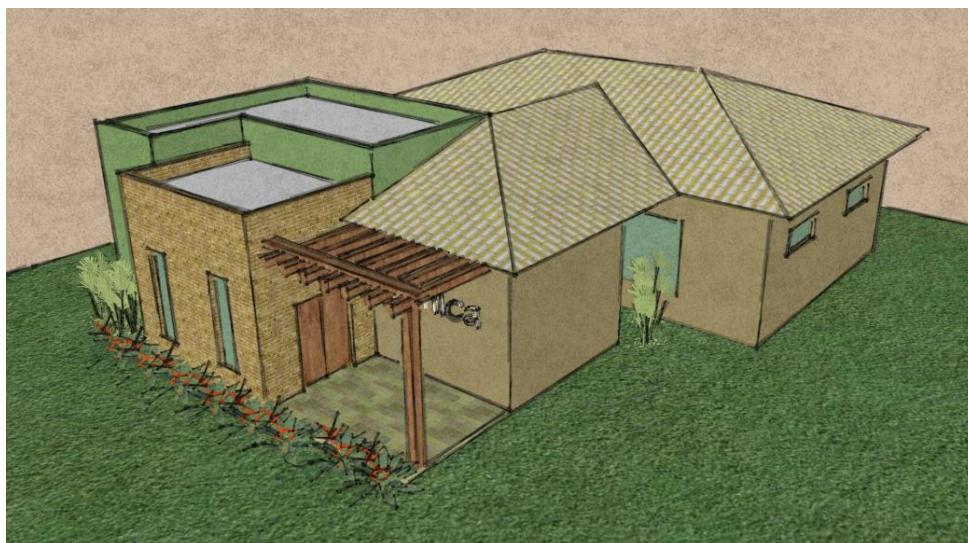


Fonte: www.arquitetura.ufmg.br/labcon

.3.3 Descrição da Edificação

O projeto da Clínica foi desenvolvido para atender quatro consultórios simultaneamente, possui um pavimento, área de 125m² e está situado em terreno plano com 500m². Projetada tradicionalmente com paredes em tijolos cerâmicos seis furos e maciços.

Figura 10 - Perspectiva da vista superior e lateral direita



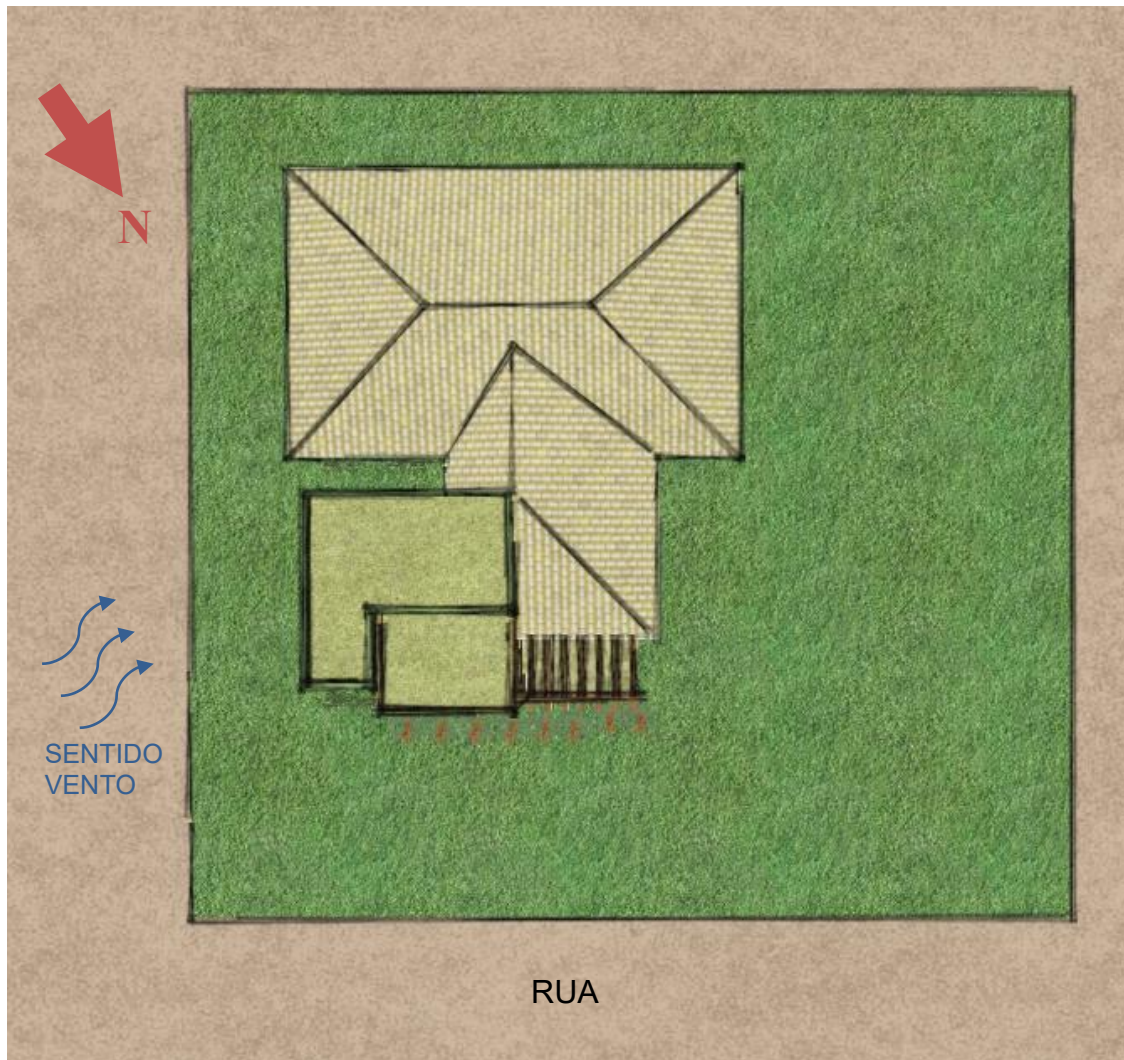
No projeto inicial com especificações convencionais, as tintas escolhidas são: cor verde musgo ($\alpha=0,70$) e marrom claro ($\alpha=0,65$), que são cores possuem sintonia estética com o local, mas, de maior absorção à radiação solar. A cobertura é em telha cerâmica e em laje de concreto aparente.

Figura 11 - Perspectiva da vista frontal da edificação



A edificação foi implantada ao lado esquerdo do terreno, a no mínimo 150cm da divisa com o lote vizinho. O vento circula no sentido leste / oeste, possui ventilação cruzada na área da circulação e elementos de proteção solar na solução das janelas, possibilitando maior privacidade para os consultórios e vista para o jardim existente entre estas, que possuem vidros incolores (6mm).

Figura 12 – Implantação



O projeto se divide nos seguintes setores: varanda de acesso à clínica, recepção, dois banhos com lavatório único integrado com a recepção, quatro consultórios, sendo um com banheiro, uma sala de esterilização, almoxarifado, copa e banheiro para funcionários.

Figura 13 - Planta da Clínica orientação solar e vento, aberturas e setorização



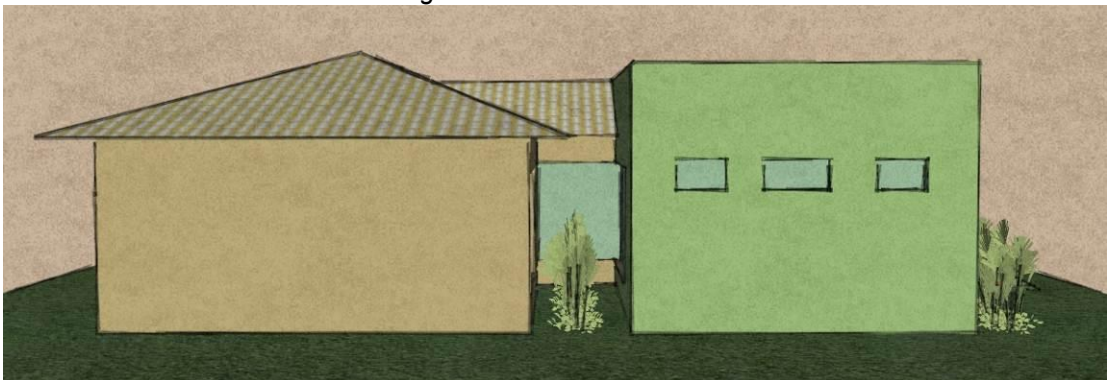
Nas Figuras 14, 15, 16 e 17, visualiza-se as fachadas norte, leste, oeste e sul. Na fachada norte foram especificados tijolos maciços ($\alpha=0,65$), janelas verticais e pergolado na varanda de acesso possibilitando meia sombra na entrada. As demais paredes estão nas cores: verde musgo ($\alpha=0,70$) e marrom claro ($\alpha=0,65$).

Figura 14 - Fachada Norte



Na fachada leste, localizam-se as aberturas do jardim que dá para a circulação/recepção, os banheiros da recepção e do consultório 03. As paredes estão nas cores: verde musgo ($\alpha=0,70$) e marrom claro ($\alpha=0,65$).

Figura 15 - Fachada Leste



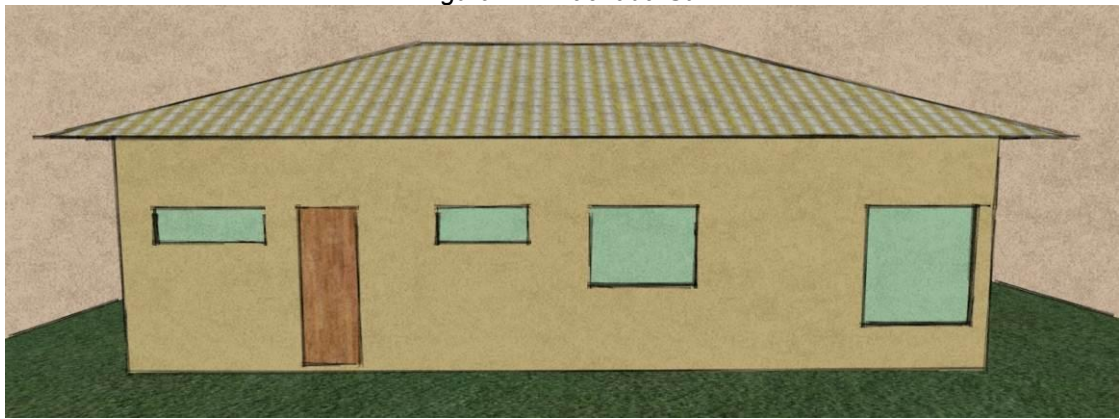
Na fachada oeste, localizam-se as aberturas para o outro jardim que dá para a circulação/recepção, dos consultórios 01 e 02, banheiros e copa dos funcionários. As paredes estão nas cores marrom claro ($\alpha=0,65$) e tijolo maciço aparente ($\alpha=0,65$).

Figura 16 - Fachada Oeste



Na fachada sul, localizam-se as aberturas do consultório 04, almoxarifado, esterilização, copa dos funcionários; e a parede possui cor marrom claro ($\alpha=0,65$).

Figura 17 - Fachada Sul



3.4 Aberturas

Tabela 2 - Porcentagem de abertura total

CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	ÁREA CADA (m ²)	UNID.	ORIENTAÇÃO	SOMA ABERTURA (m ²)
J1	1,85	1	1,85	2	S L	3,7
J2	1,6	1	1,6	1	S	1,6
J3	1,4	0,6	0,84	2	S S	1,68
J4	1,2	0,6	0,72	3	N O O	2,16
J5	0,6	0,6	0,36	3	L L N	1,08
J6	1,5	1	1,5	2	O O	3
J7	0,6	1,6	0,96	2	N N	1,92
J8	1,5	1,6	2,4	2	O L	4,8
J9	2,15	1,6	3,44	1	L	3,44
ABERTURA TOTAL (m²)				16	-	23,38

A fachada total da edificação possui uma área de 261,50m² e 23,38m² de abertura conforme Tabela 2, portanto a porcentagem de abertura total é de 8,94%.

4. ANÁLISE E RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO DE ENVOLTÓRIA

No Brasil esses dados ainda não são disponíveis, seja pela dificuldade no desenvolvimento de pesquisas, do desinteresse dos fabricantes em testar seus produtos e disponibilizar os dados técnicos, quanto da inexistência de normas e rede laboratorial que permitam viabilizar esses ensaios. A maioria dos dados disponíveis de materiais e sistemas construtivos são provenientes de pesquisas internacionais, e que os parâmetros de análise envolvem dados de extração de matérias primas, distâncias e transporte, consumo de energia (devido ao tipo de matriz energética e emissão de CO₂, muito distintas entre os países), certificação e outros. Nesse sentido, esse estudo limitou sua abordagem na especificação de materiais e sistemas construtivos na edificação considerando os dados disponíveis principalmente em relação à produção, uso e operação da edificação.

Dentre os aspectos que caracterizam os materiais em relação à sustentabilidade, esse estudo analisou alguns parâmetros para pautar a especificação de materiais e elementos construtivos como: parâmetros bioclimáticos e de desempenho térmico, energia incorporada e custo/m². Não foram abordados algumas variáveis de análise de vida útil, como resíduos, reuso, descarte e reciclagem; emissão de VOCs; certificação do material; devido à dificuldade de obtenção de dados técnicos de materiais brasileiros seja em pesquisas ou em catálogo dos fabricantes.

As especificações se encaixam desde a maior até a menor escala de uma edificação, ou seja, desde a parte externa até a interna. Devemos pensar em cada detalhe na hora da escolha de materiais, soluções e sistemas, como por exemplo, o isolamento, revestimento de paredes externas, acabamentos internos e os materiais de assentamento, isolamento em mantas, as tintas (muitas vezes nocivas ao usuário), etc.

Segundo Roaf (2009), “o desempenho de uma edificação comum, pode ser significativamente melhorado mesmo construída de maneira tradicional. Estabilização do clima interno. O sucesso da solução depende da união de escolhas interativas e corretas.”

Com relação ao desempenho termo-energético, as grandezas que interferem na análise são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 3 - Grandezas térmicas de materiais, elementos e componentes construtivos, analisadas no estudo.

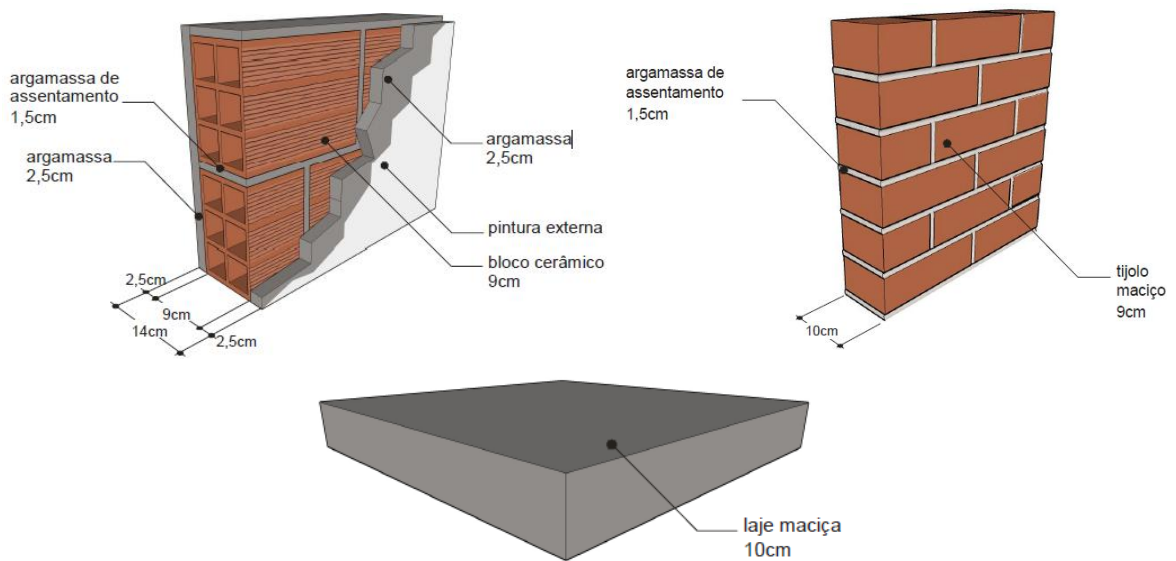
Grandeza	Símbolo	Unidade
Transmitância térmica	U	W/(m ² K)
Resistência superficial interna	R_{si}	(m ² .K)/W
Resistência superficial externa	R_{se}	(m ² .K)/W
Capacidade térmica de componentes	C_t	KJ/(m ² .K)
Absortância à radiação solar	α	m ² /s
Condutividade térmica	λ	W/(m. K)
Calor específico	c	J/(kg.K)
Densidade de massa aparente	ρ	(kg/m ³)
Emissividade	ε	-

Fonte: NBR 15220-2.

.4.1 Descrição dos materiais convencionais utilizados no edifício

Os materiais aqui especificados são os tradicionalmente utilizados na maioria das construções e facilmente fornecidos pelo mercado brasileiro, como por exemplo: o tijolo cerâmico furado, tijolo maciço, cimento, concreto, telha cerâmica e vidro (Figura 18).

Figura 18 - Imagem ilustrativa da laje maciça e paredes externas.



Fonte: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas, UFSC/LabEEE (V.5), 2011

Segue a Tabela 4 de descrição e propriedades dos materiais especificados no projeto convencional, baseados na NBR 15220 e em pesquisas.

Tabela 4 - Descrição dos materiais, baseado nos dados da NBR 15220.

Componente construtivo	Descrição (cm)	U	R _{si}	R _{se}	C _t	α	λ	c	ρ	ε
Paredes externas	Tijolos 6 furos quadrados (9) assentados na menor dimensão + argamassa de revestimento (2.5)	2,28	0,04	0,13	167	0,40 / 0,65	0,90	920	1427	0,90
	1,15						1000	2000		
	Tijolos maciços aparentes (10)	3,7	0,04	0,13	158	0,65 / 0,80	0,70	920	1764	0,85 / 0,94
Piso	Concreto (10)	3,73	0,17	0,04	149	0,40	1,75	1000	2200	0,85 / 0,95
Cobertura	Telha de barro (1) + Câmara de ar (> 5,0 cm)	2,05	0,04	0,10	238	0,75 / 0,80	0,70	920	2000	0,85 / 0,95
	1,75						1000	2200	0,85 / 0,95	
	Laje maciça de concreto (10)	3,73	0,04	0,10	220	0,65 / 0,80	1,75	1000	2200	0,85 / 0,95
Paredes internas	Tijolos 6 furos quadrados (9) assentados na menor dimensão +	2,48	0,04	0,13	152	0,40	0,90	920	1427	0,90

	argamassa de revestimento (2.5)						1,15	1000	2000	
Janelas	Vidro simples incolor (0.6)	5,7	0,04	0,13	-	0,06 / 0,25	1,00	840	2500	0,84
Portas	Madeira de massa volúmica elevada	2,93	0,04	0,13	17	0,07	0,29	1300	300-750	0,90

Fonte: *Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas, UFSC/LabEEE (V.5), 2011; e Material o Vidro, Tese de Eliana Giacomini.*

.4.2 Descrição dos materiais com características sustentáveis utilizados no edifício

Conforme o estudo e pesquisa realizada neste trabalho, e de acordo com a localização, foram obtidos os resultados das comparações entre aplicação em projeto com especificação de materiais convencionais e sustentáveis. Os materiais propostos para nova especificação foram selecionados devidos às características de sustentabilidade que puderam ser levantadas em pesquisa e levantamento de dados acerca das seguintes características: desempenho térmico, emissão de CO₂ e energia incorporada. Os demais aspectos não foram considerados por indisponibilidade de dados para caracterizá-los como materiais com características sustentáveis.

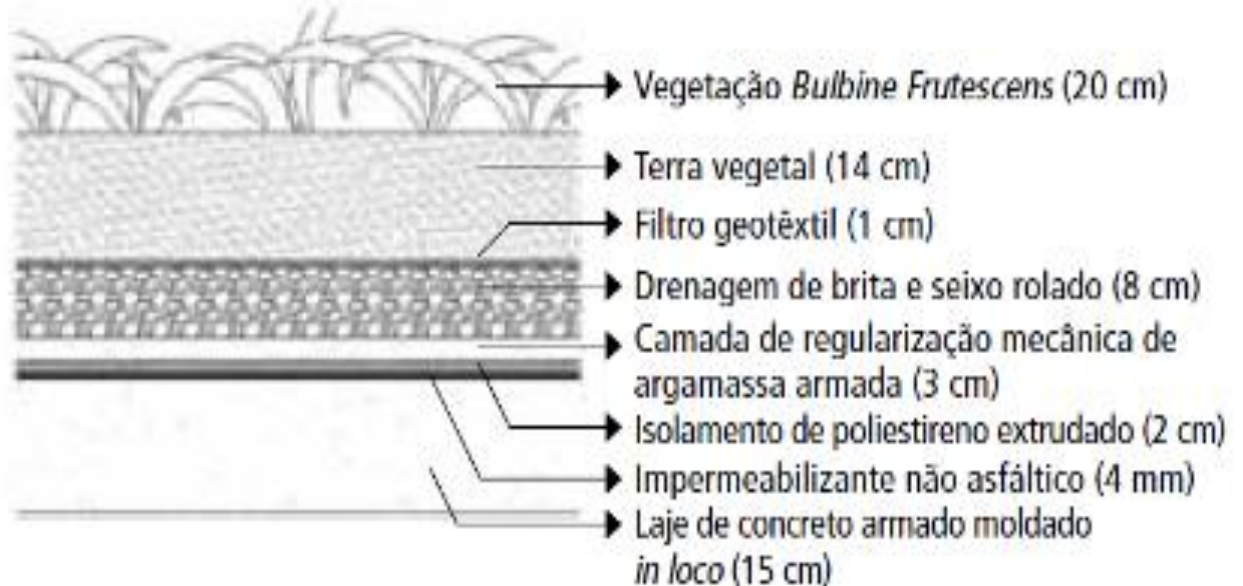
Os materiais com características sustentáveis e equipamentos que garantam o conforto ambiental foram: parede dupla de tijolos 6 furos e paredes duplas de tijolo maciço com lã de rocha; cobertura em telha de barro manta de polietileno aluminizado nas duas faces, isolante térmico de lã de rocha e forro de chapa OSB; teto-jardim com grama; janelas em vidro duplo tradicional com caixa de ar e madeira certificada. Para cada material foram comparadas as características e propriedades termo-físicas e óticas associadas ao desempenho térmico, área de abertura na fachada, energia incorporada e custo/m².

Apresenta-se a seguir os materiais e sistemas especificados:

- O telhado verde tem função de aumentar as áreas verdes melhorando o meio ambiente diminuindo a ilha de calor. Segundo levantamento bibliográfico, os telhados verdes trazem contribuições significativas para a sociedade e para as edificações. Os benefícios vão desde a melhoria das condições termo acústicas a

fatores psicológicos que interferem no bem estar das pessoas.

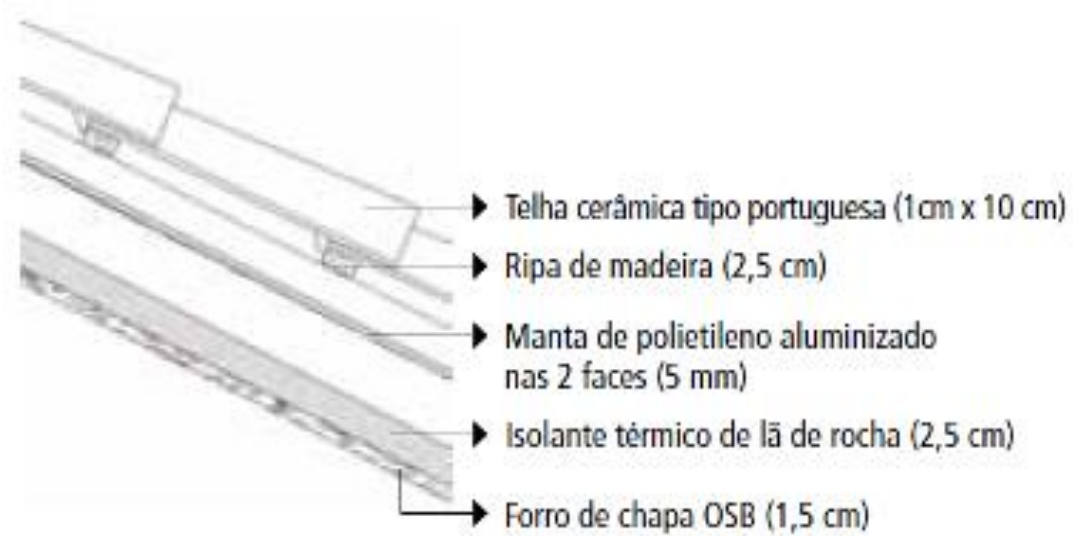
Figura 19 - Recomendações construtivas do telhado vegetado.



Fonte: Casa eficiente, volume 1 - UFSC/LabEEE

- Cobertura de telha cerâmica de cor clara que possui menos absorção e baseada na especificação da cobertura da Casa eficiente (UFSC/LabEEE), que possui melhor eficiência ($U = 0,87 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), as camadas são: telha cerâmica, ripa de madeira, manta de polietileno aluminizado nas duas faces, isolante térmico de lã de rocha e forro de chapa OSB.

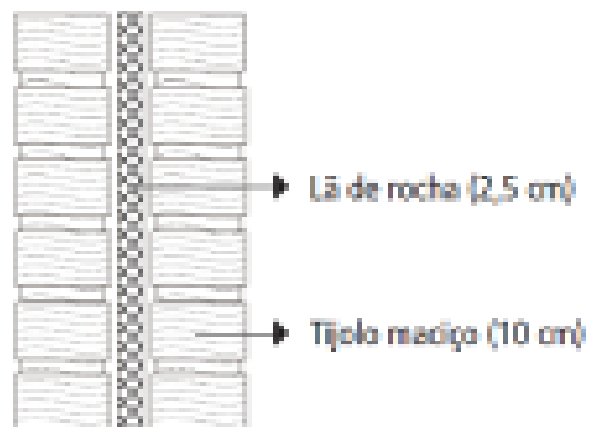
Figura 20 - Recomendações construtivas da cobertura cerâmica.



Fonte: Casa eficiente, volume 1 - UFSC/LabEEE

- Paredes duplas de tijolo de barro maciço, também baseadas na especificação da Casa eficiente (UFSC/LabEEE), que possui transmitância (U) de 1,06 W/m² K.

Figura 21 - Recomendações construtivas da parede de tijolo aparente.



Fonte: Casa eficiente, volume 1 - UFSC/LabEEE

Entre outros materiais baseados na NBR 15220 e em pesquisas, veja a Tabela 5.

Tabela 5 - Descrição dos materiais com características sustentáveis, baseado nos dados da NBR 15220

Componente construtivo	Descrição (cm)	U	R _{si}	R _{se}	C _t	α	λ	c	ρ	ε
Paredes externas	Parede dupla de tijolos 6 furos circulares (20) assentados na menor dimensão + argamassa de revestimento (2.5)	1,52	0,04	0,013	248	0,40 / 0,65	0,9	920	1.427	0,9
	1,15						1000	2000		
Paredes externas	Paredes duplas de tijolo macico (10) +	1,06	0,04	0,13	158	0,36	0,7	920	1764	0,85 / 0,94
	lã de rocha (2.5)				-		0,045	700	100	
Piso	Concreto (10)	3,73	0,17	0,04	220	0,4	1,75	1000	2200	0,85 / 0,95
Cobertura	Telha de barro (1) + ripa madeira (2.5) +	0,57	0,04	0,1	54,7	0,48	1,05	920	2000	0,9
	manta de polietileno aluminizado nas duas faces (0.5) +						0,4	2299	1200	
	isolante térmico de lã de rocha (2.5) +						0,045	750	100	
	forro de chapa OSB (1.5)						0,14	2300	600	
Teto-jardim com grama	Vegetação (20 cm) + Terra vegetal (14 cm) + Filtro geotêxtil (1 cm) +	0,75	0,04	0,1	295	0,55	0,05	1840	-	0,92
	Drenagem de brita e seixo rolado (8 cm) +						0,7	800	1000-1500	-
	Camada de regularização mecânica de argamassa armada (3 cm) +						1,15	1000	2000	0,9
	Isolamento de poliestireno extrudado (2 cm) +						0,03	1670	30	0,6
	Impermeabilizante não asfáltico (4 mm) +						0,23	1460	1000-1100	0,95
	Laje de concreto armado moldado in loco (15 cm)						0,4	1,75	1000	2200
Paredes internas	Tijolos 8 furos circulares (10) assentados na menor dimensão +	2,24	0,04	0,013	167	0,4	0,9	920	1.427	0,9
	argamassa de revestimento (2.5)						1,15	1000	2000	
Vidros	Vidro simples incolor (0.3) + película verde - FS= 0,75	2,7	0,04	0,013	-	0,06 / 0,25	1,00	840	2500	0,84
Portas	Madeira certificada	2,93	0,04	0,013	17	0,07	0,29	1300	300-750	0,9

Fonte: Casa eficiente, UFSC/LabEEE; Habitar Sob uma Segunda Pele, Tese de Paulo Mendonça; e Material o Vidro, Tese de Eliana Giacomini.

.4.3 Absortância: Fachadas e Coberturas

Segundo a análise feita com relação a absortância à radiação solar da edificação, no projeto convencional, a absortância média nas fachadas foi de 0,66 e da cobertura 0,73. Já no projeto sustentável, para uma menor absortância, a cor da pintura foi

alterada para branco, a telha por uma cerâmica mais clara assim como o tijolo aparente e a cobertura em laje foi ajardinada; obtendo absorvância média de 0,20 nas fachadas e 0,42 nas coberturas.

Tabela 6 - Absortância média projeto convencional Tabela 7- Absortância média projeto sustentável

Fachadas			
Fachada	Especificação	área (m ²)	α
Norte	tijolo aparente	7,56	0,65
	pintura cor verde musgo	50,14	0,7
Leste	pintura cor verde musgo	15,33	0,7
	pintura cor terra	84,1	0,65
Oeste	pintura cor terra	92,46	0,65
Sul	pintura cor terra	35,55	0,65
α média			0,66
Coberturas			
Cobertura	Especificação	área (m ²)	α
Telha	cerâmica marrom	131	0,75
Laje	concreto	26	0,65
α média			0,73

Fachadas			
Fachada	especificação	área (m ²)	α
Norte	tijolo aparente	7,56	0,3
	pintura cor branco	50,14	0,2
Leste	pintura cor branco	99,43	0,2
Oeste	pintura cor branco	92,46	0,2
Sul	pintura cor branco	35,55	0,2
α média			0,20
Coberturas			
Cobertura	especificação	área (m ²)	α
Telha	cerâmica clara	131	0,40
Laje	ajardinada	26	0,55
α média			0,42

.4.4 Simulação S3E

Foi feita a simulação no programa S3E, para comparação da especificação da envoltória nos dois edifícios. Segue abaixo os dados gerais lançados no programa, o arquivo climático mais próximo à Cardeal Mota- MG (latitude: 19°20'S, longitude: 43°37'O e altitude: 928m) existente no programa, foi a cidade de Belo Horizonte-MG.

Tabela 8 - Dados Gerais Simulação programa S3E

Dados Simulação S3E	
Arquivo climático:	MG_Belo_Horizonte.epw
Zona bioclimática:	3 Simulação S3E
Latitude:	-19,82°
Longitude:	-43,96°
Altitude:	869 m
Fuso horário:	-3 h
Rotação em relação ao Norte geográfico em graus:	200°
Tipo de estabelecimento (uso típico):	comércio
Número de pavimentos:	1
Área útil:	143 m ²
Volume do edifício:	429 m ³
Área de projeção da cobertura:	143 m ²
Área da envoltória:	144 m ²

.4.4.1 Materiais Convencionais

Segue (Tabela 9) os dados lançados no programa S3E para simulação com soluções e materiais convencionais.

Tabela 9 - Descrição dos materiais convencionais utilizados no edifício-padrão

Tipo de construção	Descrição (cm)
Paredes externas	Tijolo cerâmico 6 furos quadrados 9 cm - na menor dimensão
Piso	Concreto laje (10)
Cobertura	Telha cerâmica Câmara de ar - Fluxo vertical - alta emissão Concreto laje
Paredes internas	Tijolo cerâmico 6 furos quadrados 9 cm - na menor dimensão
Vidros	Vidro incolor 6 mm

Analisando os resultados da envoltória do edifício com especificações convencionais, observa-se a baixa eficiência de desempenho térmico em relação aos edifícios de referências dados (A, B, C, D), observe a Tabela 10.

Tabela 10 - Resultado Envoltória Simulação programa S3E, materiais convencionais.

Referências	Ucob (W/m ² .K)	acob	Upar (W/m ² .K)	apar	PAFt (%)	FS
Edifício Real	3,614	0,7	5,233	0,7	9	0,703
Referência A	1,031	0,3	4,005	0,5	17	0,861
Referência B	1,571	0,3	4,005	0,5	29,08	0,861
Referência C	2,129	0,3	4,005	0,5	41,17	0,861
Referência D	2,129	0,3	4,005	0,5	53,26	0,861

*Os modelos dos edifícios de referência não possuem proteção solar em suas aberturas.

.4.4.2 Materiais com características sustentáveis

Segue na tabela abaixo os dados lançados no programa S3E para simulação com soluções e materiais com características sustentáveis. Vale salientar que estes, são similares a especificação adotada no projeto anteriormente citados.

Tabela 11 - Descrição dos materiais com características sustentáveis utilizados no edifício-padrão

Tipo de construção	Descrição
Paredes externas	Argamassa Tijolo cerâmico duplo 8 furos circulares 20 cm - na maior dimensão
Piso	Concreto laje Argamassa Piso cerâmico acabamento
Cobertura	Madeira compensado Poliestireno extrudado EPS médio Telha cerâmica
Paredes internas	Argamassa Tijolo cerâmico 8 furos circulares 10 cm - na menor dimensão
Vidros	Vidro cinza laminado 6 mm duplo com ar 12 mm

Analisando os resultados da envoltória, identifica-se claramente a eficiência de desempenho térmico com as alterações destes materiais.

Tabela 12 - Resultado Envoltória Simulação programa S3E, materiais com características sustentáveis.

Referências	Ucob (W/m ² .K)	αcob	Upar (W/m ² .K)	αpar	PAft (%)	FS
Edifício Real	0,4582	0,2	2,898	0,2	9	0,383
Referência A	1,031	0,3	4,005	0,5	17	0,861
Referência B	1,571	0,3	4,005	0,5	29,08	0,861
Referência C	2,129	0,3	4,005	0,5	41,17	0,861
Referência D	2,129	0,3	4,005	0,5	53,26	0,861

*Os modelos dos edifícios de referência não possuem proteção solar em suas aberturas.

.4.5 Custos/m²

A comparação dos custos/m² dos materiais aqui especificados convencionais x sustentáveis são mínimos, cerca de 13% de acréscimo do valor final.

Tabela 13 - Custos dos materiais, baseados nos valores do CUB.

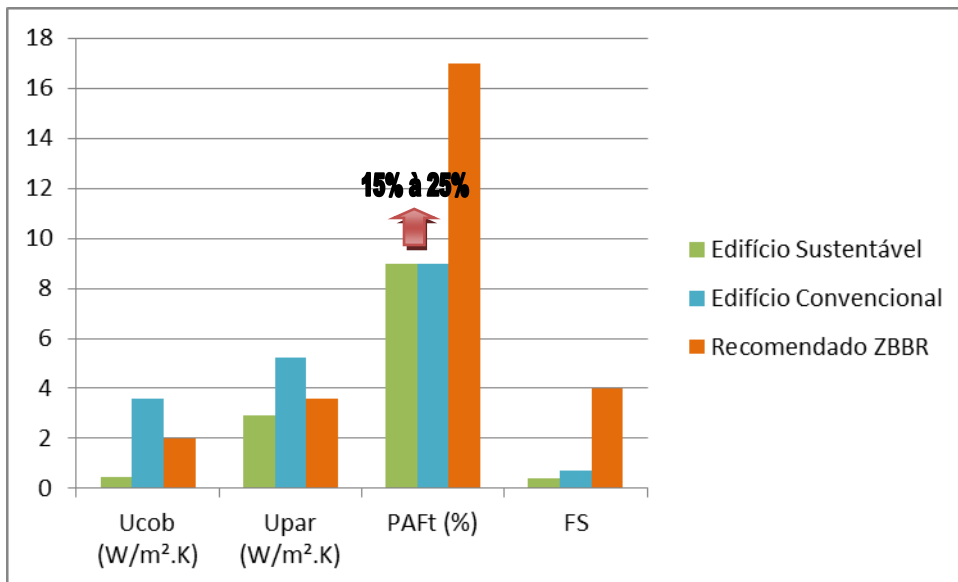
Componete construtivo	Descrição (cm)	Unid.	Custo R\$ / Unid	Total R\$ / Unid	
Convencional	Paredes externas	Tijolos 6 furos quadrados (9) assentados na menor dimensão + cimento +	m ²	74,42	282,51
		argamassa de revestimento (2.5)+	m ²	48,70	
		tinta acrílica - reboco com massa corrida	m ²	27,75	
		Tijolos maciços aparentes (10)	m ²	19,46	
		Tijolos maciços aparentes (10)	m ²	112,18	
	Piso	Concreto (10)	m ²	69,52	69,52
		ripa madeira (2.5) +	m ²	55,49	211,12
	Cobertura	Telha de barro (1) +	m ²	78,02	
		forro de concreto (10)	m ²	77,61	
		Laje maciça de concreto (10)	m ²	69,52	69,52
Paredes internas	Tijolos 6 furos quadrados (9) assentados na menor dimensão + cimento +	m ²	74,42	150,87	
	argamassa de revestimento (2.5)	m ²	48,70		
	argamassa de revestimento (2.5)	m ²	27,75		
Janelas	Vidro simples incolor (0.6)	m ²	101,46	101,46	
Portas	Madeira de massa volumica elevada	m ²	156,58	156,58	
Sustentável	Paredes externas	Parede dupla de tijolos 6 furos circulares (20) assentados na menor dimensão +	m ²	74,42	328,57
		cimento +	m ²	48,70	
		argamassa de revestimento (2.5)	m ²	27,75	
		tinta acrílica - reboco com massa corrida	m ²	19,46	
		Paredes duplas de tijolo macico (10) +	m ²	112,18	
		lã de rocha (2.5)	m ²	46,06	
	Piso	Concreto (10)	m ²	69,52	69,52
		Cobertura	Telha de barro (1) +	m ²	42,13
	ripa madeira (2.5) +		m ²	41,50	
	manta de polietileno aluminizado nas duas faces (0.5) +		m ²	16,57	
	isolante térmico de lã de rocha (2.5) +		m ²	46,06	
	forro de chapa OSB (1.5)		m ²	46,06	
	Teto-jardim com grama	Vegetação (20 cm) + Terra vegetal (14 cm) + Filtro geotêxtil (1 cm) +	m ²	8,61	207,42
		Drenagem de brita e seixo rolado (8 cm) +	m ²	20,60	
		Camada de regularização mecânica de argamassa armada (3 cm) +	m ²	46,06	
		Isolamento de poliestireno extrudado (2 cm) +	m ²	16,57	
Impermeabilizante não asfáltico (4 mm) +		m ²	46,06		
Laje de concreto armado moldado in loco (15 cm)		m ²	69,52		
Paredes internas	Tijolos 8 furos circulares (10) assentados na menor dimensão + cimento +	m ²	74,42	150,87	
	cimento +	m ²	48,70		

	argamassa de revestimento (2.5)	m ²	27,75	
Janelas	vidro duplo tradicional (0.4) + caixa de ar (0.16)	m ²	81,26	81,26
Portas	Madeira certificada	un	173,37	173,37

.5 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Outro instrumento que foi utilizado neste trabalho, que sistematiza dados referentes ao clima, recomendações e necessidades para o projeto foi o programa ZBBR (Figura 5), veja abaixo (Gráfico 3) a comparação dos valores encontrados na simulação no S3E comparados as recomendações do ZBBR.

Gráfico 3

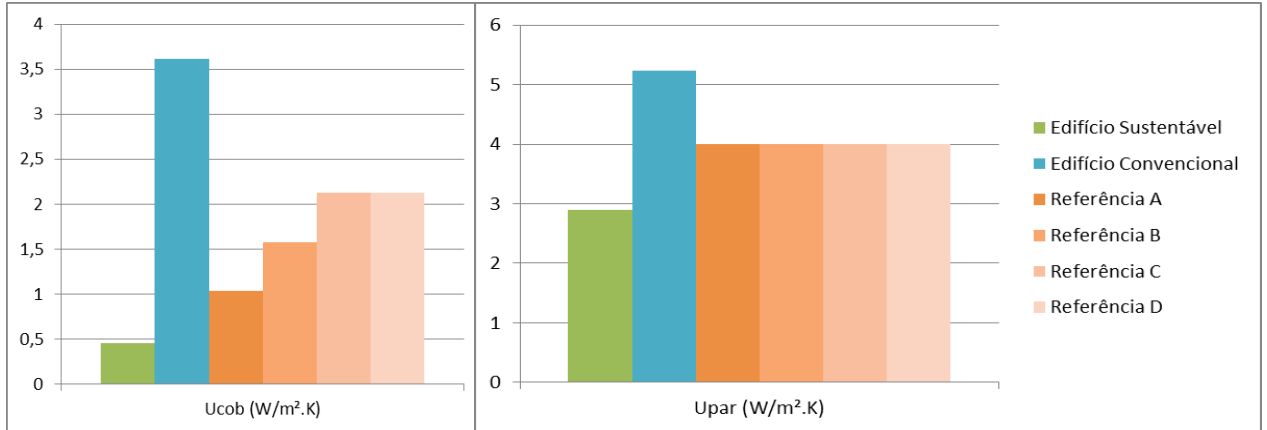


Comparação dos resultados da simulação com relação às recomendações do ZBBR.

As recomendações geradas para esta Zona Climática foram: transmitância térmica (U) da cobertura inferior a 3,6 W/m².K e das paredes inferior a 2,0 W/m².K, que foram atendidas no edifício sustentável, assim como o Fator Solar e a porcentagem da área de abertura foram inferiores.

Gráfico 4 - Comparação transmitância térmica da cobertura, resultado simulação programa S3E.

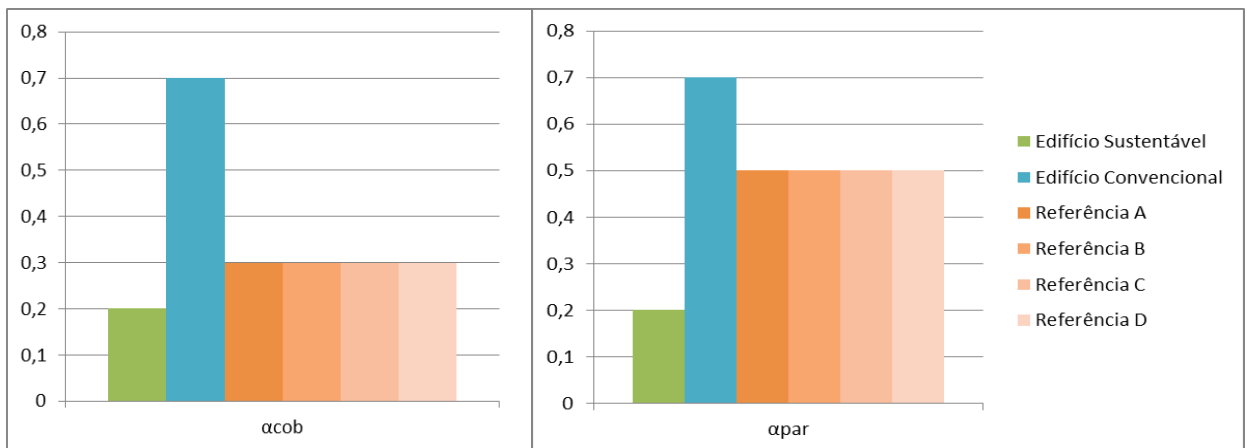
Gráfico 5 - Comparação transmitância térmica das paredes, resultado simulação programa S3E.



Comparando os resultados das simulações, observou-se que os resultados foram bem satisfatórios, dado que a transmitância térmica da cobertura e das paredes foram inferiores aos valores dados no S3E, assim como mostram os Gráficos 4 e 5.

Gráfico 6 - Comparação absorvância térmica da cobertura, resultado simulação programa S3E.

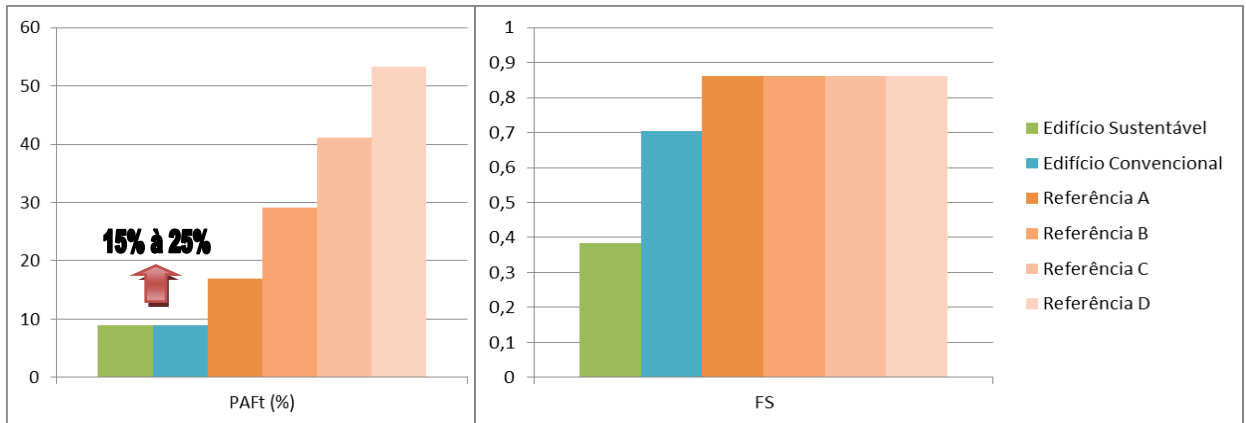
Gráfico 7 - Comparação absorvância térmica das paredes, resultado simulação programa S3E.



Os valores da absorvância à radiação solar da cobertura e das paredes foram superiores aos padrões de referências adotados pelo programa no edifício convencional. Já o valor da absorvância do edifício sustentável, foram inferiores nos dois quesitos em relação aos valores de referencia do programa.

Gráfico 8 - Comparação percentual de área de abertura na fachada total, resultado simulação programa S3E

Gráfico 9 - Comparação do fator solar, resultado simulação programa S3E.

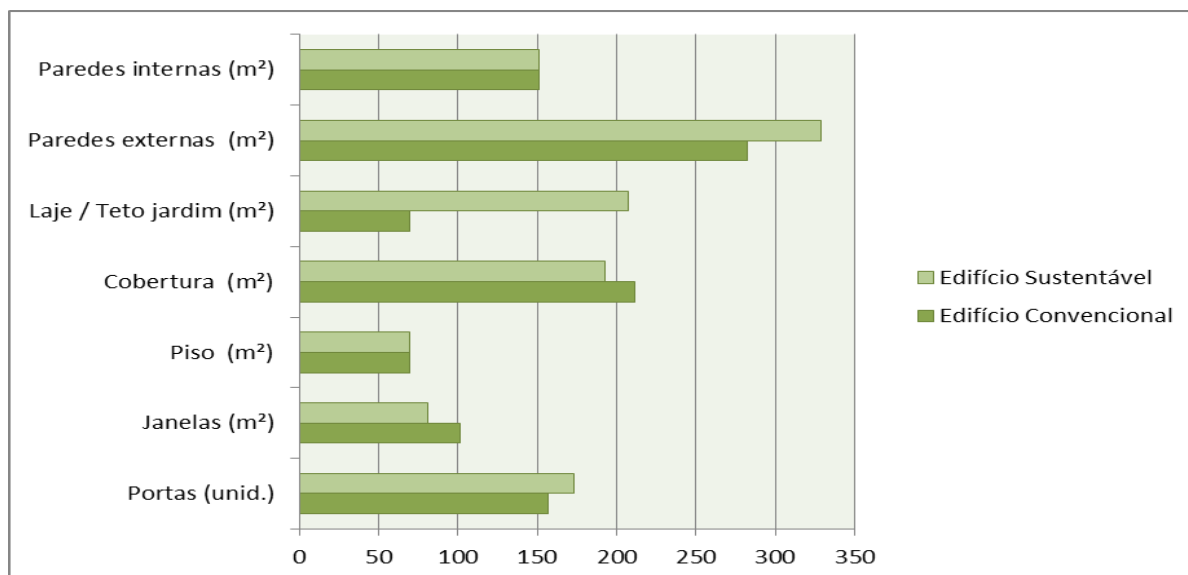


O percentual de abertura na fachada total foi inferior aos de referência do programa, tanto no edifício sustentável quanto o convencional (Gráfico 8).

Os valores de fator solar no edifício sustentável foram inferiores aos de referência e ao convencional. Mesmo assim o edifício convencional ficou abaixo dos valores de referência dados (Gráfico 9).

A diferença dos custos/m² dos materiais especificados foi cerca de 13% de acréscimo do valor final do projeto. Comparação dos custos para adequação das soluções:

Gráfico 10 - Comparação do custo/m² dos materiais baseados nos valores do CUB.



.6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste estudo de caso, foi analisado o desempenho da envoltória de um mesmo edifício especificado de duas formas, uma com materiais e sistemas construtivos convencionais e outra materiais e sistemas construtivos sustentáveis, com o objetivo de estabelecer análise crítica e comparações do desempenho de soluções e escolhas de materiais mais eficientes, com propriedades térmicas adequadas ao clima (análise bioclimática), materiais de construção de baixo consumo energético, considerando o conforto térmico, desempenho e custo.

Segundo os programas ZBBR (Figura 5) e Analysis Bio (Gráfico 2), as recomendações para a Zona Climática 3, foram: transmitância térmica da cobertura inferior a 2,0 W/m².K e das paredes inferior a 3,6 W/m².K, fator solar inferior à 4,0 nas paredes e inferior a 6,5 na cobertura. Área de abertura 15% a 25% do piso. No inverno o aquecimento solar da edificação, paredes internas pesadas e permitir insolação nos ambientes; no verão o uso da ventilação cruzada.

A recomendação para transmitância da cobertura e das paredes foi atendida nas especificações sustentáveis, assim como o fator solar. No projeto convencional o fator solar também foi atendido, já transmitância ficou acima do valor recomendado pelo ZBBR. Quanto ao percentual de abertura foram inferiores as referências do

programa, tanto no edifício sustentável quanto o convencional. Ou seja, o valor adequado para abertura seria entre 15% a 25% do piso, e o percentual existente é 9%. Para melhorar a eficiência do edifício, devem-se alterar as aberturas do projeto, permitindo assim uma melhor insolação nos ambientes e o uso da ventilação cruzada no verão conforme as recomendações referentes à Zona Climática.

Figura 22 - Edificação Convencional



Figura 23 - Edificação Sustentável



Os valores da absorptância à radiação solar (Gráficos 5 e 6) da cobertura e das paredes foram superiores aos padrões de referências adotados pelo programa S3E no edifício convencional (Figura 22). O valor da absorptância do edifício sustentável foram inferiores nos dois quesitos em relação aos valores de referência do programa S3E, pois as superfícies foram substituídas por branco e telhas claras (Figura 23).

O acréscimo do custo/m² (Tabela 13) do projeto sustentável em relação ao convencional, foi cerca de 13%, ou seja, o acréscimo do custo dos materiais de um edifício mais eficiente é mínimo.

As lições aprendidas sugerem que grande parte das deficiências observadas na edificação convencional, poderia ser evitada, ou ao menos minimizada, pela incorporação das análises locais aprofundadas e pesquisa de materiais adequados para maior eficiência e conforto naquele determinado espaço.

As soluções convencionais empregadas pelos arquitetos nas construções civis são influenciadas por alguns fatores como: cultura, custo, volume e estética. O processo de projeto sustentável é diferente do processo tradicional, em relação ao desenvolvimento da concepção arquitetônica e nas fases de projeto. Inicialmente, é necessário prever as variáveis do projeto, mapear os problemas identificados no local onde a edificação será inserida e estudar as possíveis implicações (positivas e negativas) de todas as decisões do projeto, uma vez que cada uma tem inúmeras

consequências, não efeito isolado. Analisar fatores como o entorno, clima, fauna, vegetação, tipo do terreno e solo, escoamento de águas pluviais, materiais locais, desempenho, insolação, vento, etc. Baseado nestes fatores, as melhores técnicas e materiais serão definidos para serem aplicados no projeto, levando em conta as prioridades que serão definidas.

Estas soluções e impactos devem ser testados por meio de modelagem das opções definidas, assim chega-se a uma melhor definição de solução sustentável para a edificação em estudo, oferecendo maior eficiência para o ambiente interno desta e menor impacto ao ambiente externo. O programa S3E é uma ferramenta útil para a fase de projeto de execução devido à possibilidade de se estudar o comportamento térmico do edifício através de uma análise dinâmica, mais próximo da realidade. Deste modo, contribui para a rápida análise do comportamento energético do edifício e melhoria do nível de conforto térmico obtido por soluções passivas.

Através do presente trabalho, foi possível mostrar que a especificação sustentável contribui para uma redução das necessidades energéticas e contribui para o conforto da edificação. As comparações entre as duas especificações revelaram também pontos positivos e dificuldades, reforçando a validade das lições aprendidas e discutidas como referência para futuros projetos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: norma de desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTA, E. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

CREA-MG. **Sustentabilidade e eficiência energética no ambiente construído**. Belo Horizonte: CREA-MG, 2009.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

FONSECA, I. et al. **Avaliações de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do prédio do Centro de Informações do Cresesb, no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: LABCECA/UFF, 2010.

FROTA, A.; SCHIFFER, S. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GRAF, H. **Transmitância térmica & energia incorporada na arquitetura: sua relação nas superfícies do invólucro de uma edificação residencial unifamiliar conforme a Norma NBR 12721**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JOHAN, V. L. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: Empório do Livro, 2008.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: LABEEE/UFSC, 2011.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: bioclimatologia e desempenho térmico**. v. 1. Florianópolis: LABEEE/UFSC, 2010.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: simulação computacional do desempenho termo-energético**. v. 4. Florianópolis: LABEEE/UFSC, 2010.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Ambiência urbana – Urban environment – Porto Alegre**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009.

MENDONÇA, P. **Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados**. 2005. Tese (Mestrado) – Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal.

MESQUITA, A. L. S. et al. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1977.

MORISHITA, C. et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas**. v. 5. Florianópolis: UFSC, out. 2011.

MURTA, A. et al. **Benefícios econômicos e ambientais inerentes ao uso de materiais estruturais naturais em habitações unifamiliares**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Engenharia, 2010.

PEIXOTO, M. **Sistemas de proteção de fachada na escola carioca de 1935 a 1955**. Revista Arquitecto. Ponte Rio, ex. 1, n. 2, jan. 2002.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente saudável**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROGERS, E.; KOSTIGEN, T. **O livro verde**. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

SAADI, A. **A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens**. Geonomos, v. 3, p. 41–63, 2006.

SERRA, R. **Arquitectura y climas**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

SILVA, N. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Belo Horizonte.

TORGAL, F.; JALALI, S. **Toxicidade de materiais de construção: uma questão incontornável na construção sustentável**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 41–53, jul./set. 2010.

SAINT-GOBAIN. **Manual do vidro**. Disponível em: <https://www.saint-gobain.com.br>. Acesso em: nov. 2012.

Figura 25 - Diagrama de Cobertura

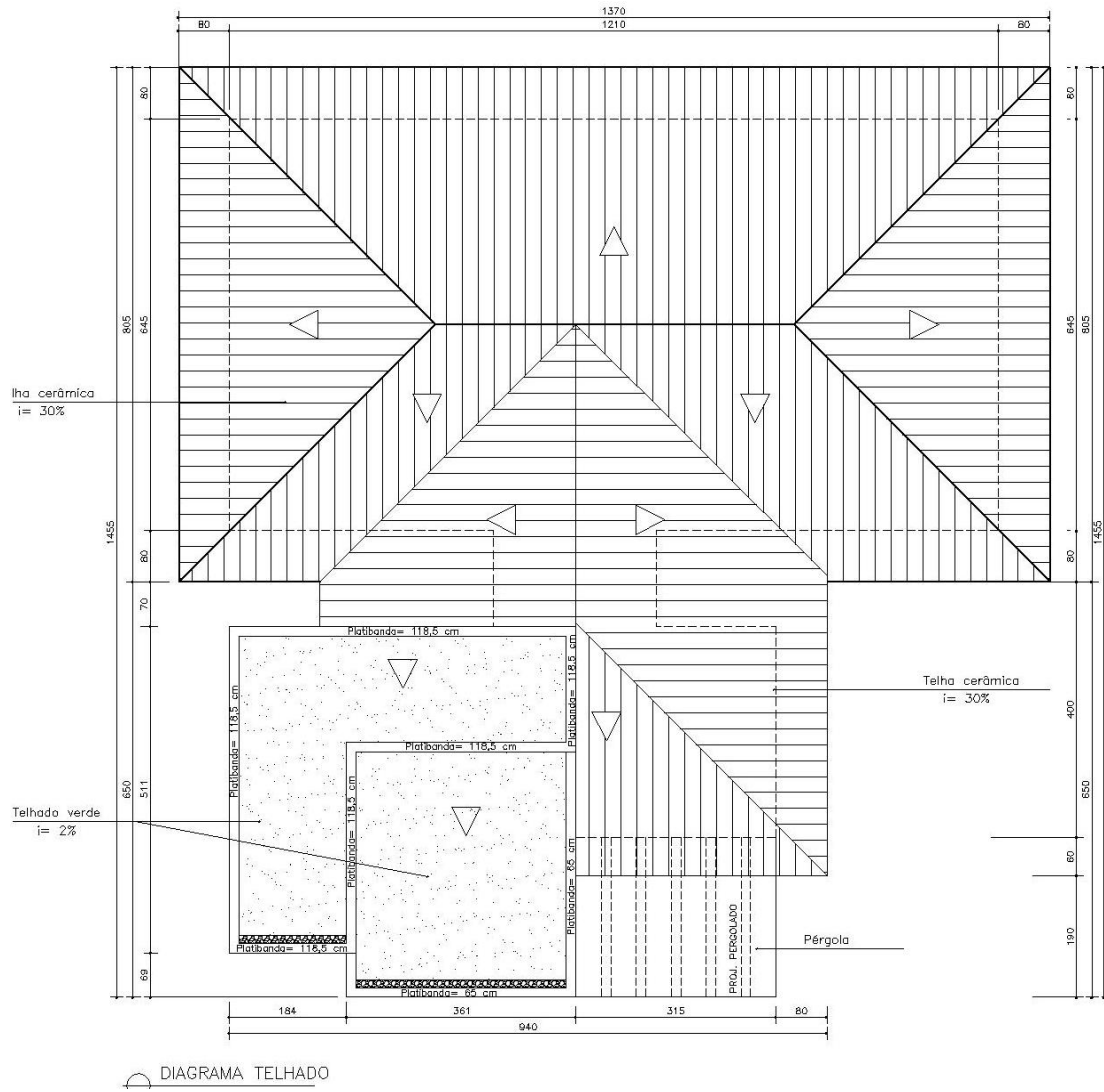


Figura 26 - Elevação A

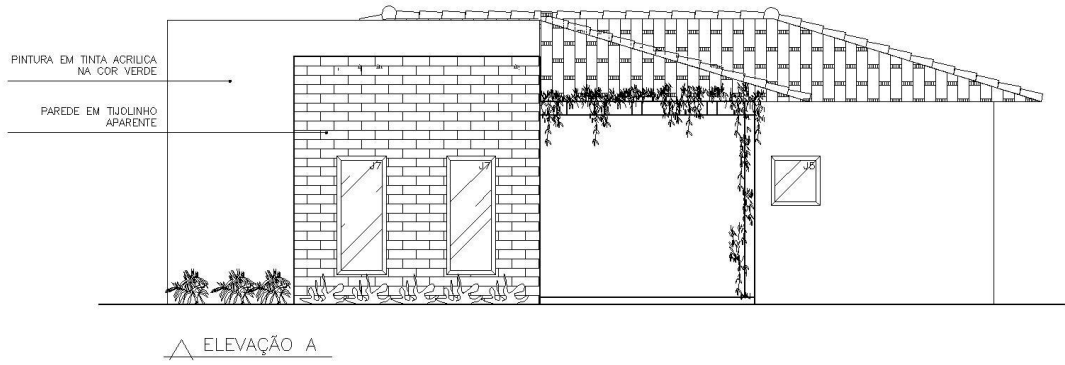


Figura 27 - Elevação B

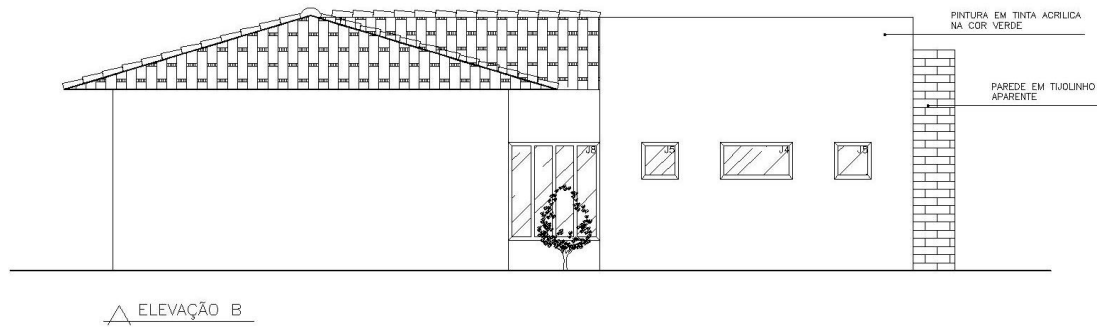


Figura 28 - Corte AA

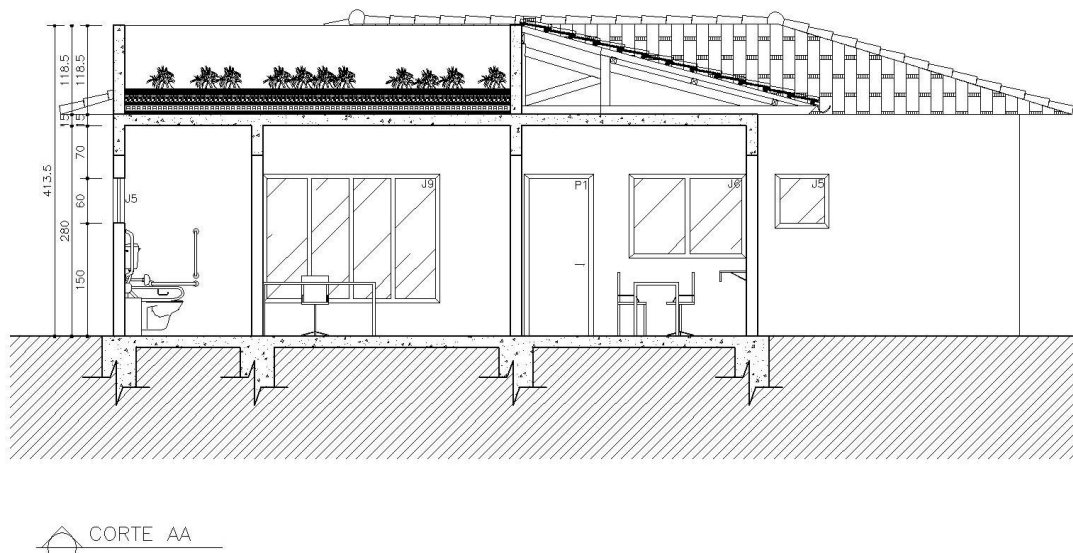
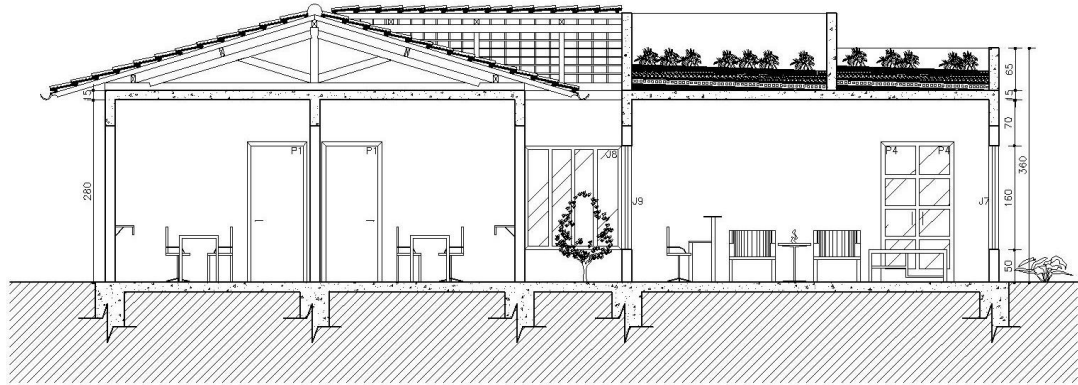
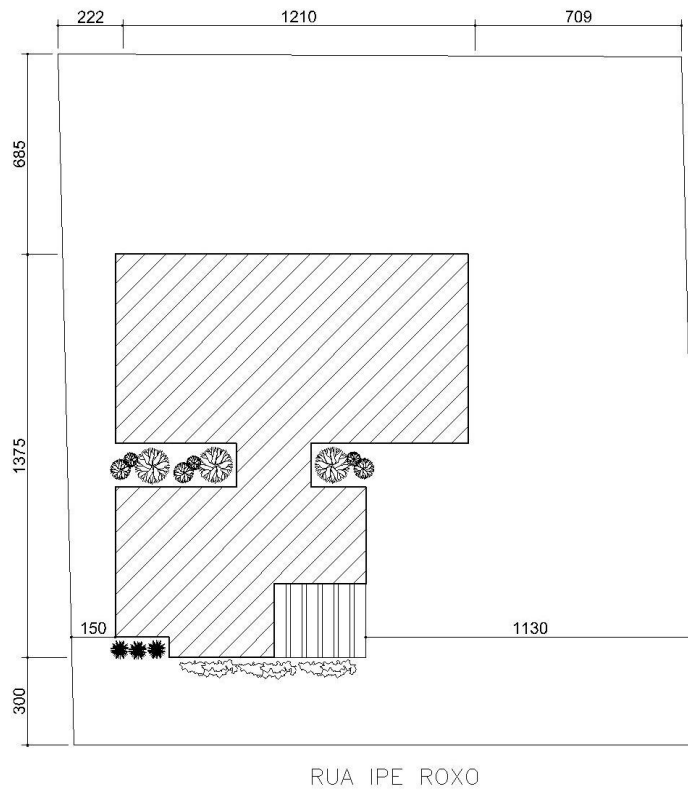


Figura 29 - Corte BB



CORTE BB

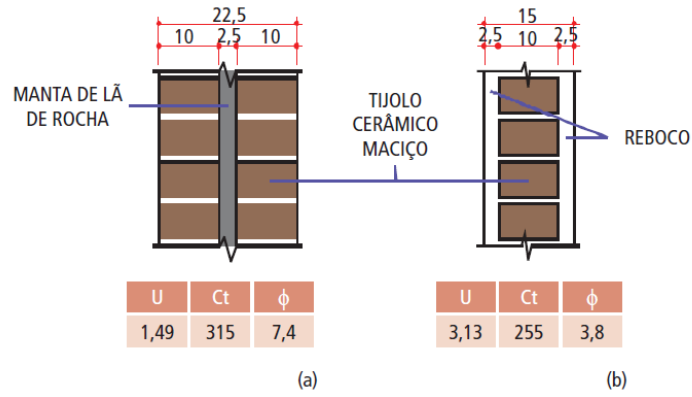
Figura 30 - Implantação



PLANTA SITUAÇÃO

MATERIAIS ESPECIFICADOS BASEADOS NA CASA EFICIENTE – LABEEE

Figura 31 - Esquema dos materiais especificados no projeto sustentável.

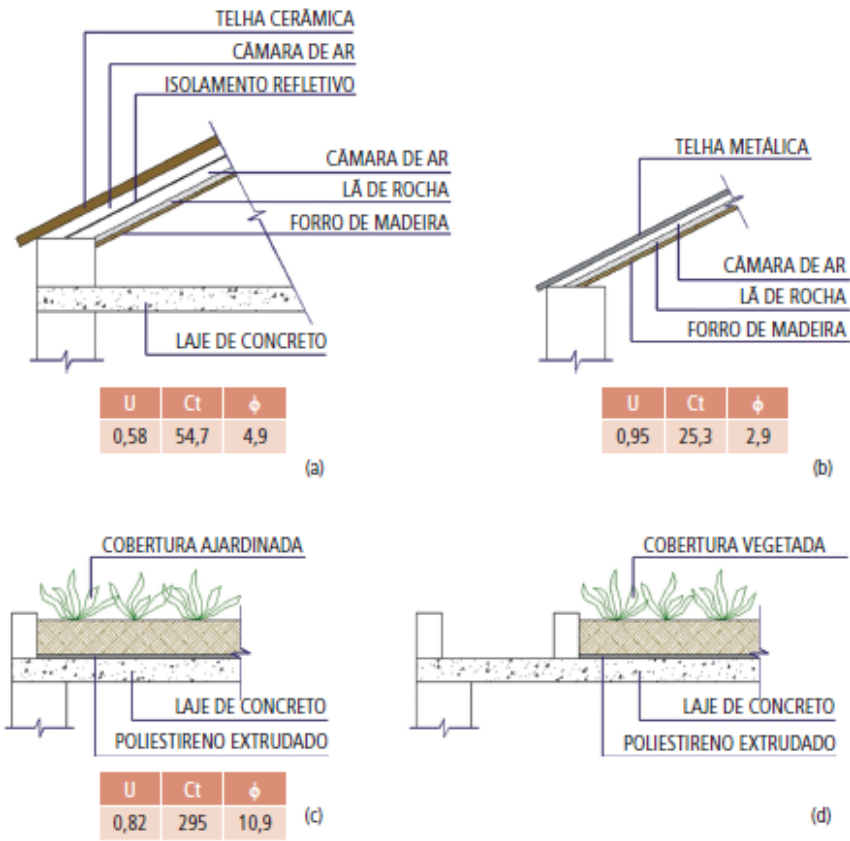


NOTA: U = Transmitância térmica (W/m².K); Ct = Capacidade térmica (kJ/m².K); ϕ = Atraso térmico (horas).

FIGURA 3.4 – Esquemas das paredes: (a) dupla e (b) simples.

Fonte: LAMBERTS, R. et al. Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético, v. 4. LabEEE, 53 p. UFSC, Florianópolis, 2010.

Figura 3 - Esquema dos materiais especificados no projeto sustentável.



NOTA: U = Transmitância térmica ($W/m^2.K$); Ct = Capacidade térmica ($kJ/m^2.K$); ϕ = Atraso térmico (horas).

FIGURA 3.5 – Esquemas das coberturas: (a) com telha cerâmica, (b) com telha metálica, (c) cobertura vegetada, (d) cobertura vegetada + laje concreto.

Fonte: LAMBERTS, R. et al. Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético, v. 4. LabEEE, 53 p. UFSC, Florianópolis, 2010.

Tabela 14 - Características dos materiais especificados no projeto sustentável.

Material	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/kg.K)	Absortância	Resistência térmica (m ² .K/W)
Tijolo cerâmico maciço 10cm, com argamassa de assentamento	0,900	1764	920	0,3	0,107
Argamassa reboco 2,5cm	1,150	2000	1000	0,2	0,022
Concreto maciço 10,0cm	1,750	2200	1000	0,3	0,057
Telha cerâmica 1,0cm	1,050	2000	920	0,4	0,010
Telha metálica 0,1cm	112,00	7100	380	0,2	0,000
Madeira para forro 1,5cm	0,140	600	2300	0,7	0,107
Madeira para porta 3,0cm	0,150	600	1340	0,2	0,200
PVC para esquadria 1,0cm	0,200	1350	960	0,2	0,050
Polietileno aluminizado 0,5cm	0,400	1200	2299	0,3	0,013
Manta de lã de rocha 2,5cm	0,045	100	750	-	0,555
Poliestireno extrudado 2,0cm	0,035	30	1420	-	0,571

Fonte: LAMBERTS, R. et al. Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético, v. 4. LabEEE, 53 p. UFSC, Florianópolis, 2010.

Tabela 15 - Valor corrigido de absortância dos materiais.

Material	Absortância
Tijolo cerâmico maciço	0,36
Telha cerâmica	0,48
Telha metálica	0,36
PVC das esquadrias	0,26

Fonte: LAMBERTS, R. et al. Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético, v. 4. LabEEE, 53 p. UFSC, Florianópolis, 2010.

PROPRIEDADES MATERIAIS BASEADOS: HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE. (TESE) MESTRADO – MENDONÇA, PAULO. PORTUGAL

Tabela 16 - Emissividade (ϵ) de alguns materiais.

Tabela A1.1.8. Emissividade de alguns materiais

Material	Comprimento de onda [μm]	Emissividade ϵ
Aço	-	0,07
Água	8-14	0,98
Alumínio	-	0,09
Areia	-	0,90
Argamassa de inertes correntes	2-5,6	0,87
Argila expandida (8/16)	8-14	0,91
Betão normal	2-5,6	0,92 - 0,97
Borrachas sintéticas, formo-fenólicos, poliamidas, poliésteres, polietilenos	8-14	0,95
Calcário	5	0,96
Carvalho, freixo, faia, pinho, casquinha, cedro, abeto	-	0,90
Cerâmica de barro vermelho	2-5,6	0,93
Chumbo	8-14	0,28
Cobre	8-14	0,07
Contraplacado	2-5,6	0,83
Estuque projectado ou de massa volúmica elevada	2-5,6	0,86 - 0,90
Estuque tradicional, placas de estafe, gesso cartonado	2-5,6	0,90
Ferro	8-14	0,21
Ferro fundido	8-14	0,81
Granito, gneisse, pórfiro	5	0,96
Latão	8-14	0,10
Placas de madeira prensadas	-	0,87
Poliestireno expandido extrudido	5	0,60
Polimetacrilato de metilo (acrílico), policloreto de vinilo (PVC)	2-5,6	0,91 - 0,94
Terra	-	0,92
Vidro celular	8-14	0,92
Zinco	-	0,25

Fonte: <http://www.infrared-thermography.com>

Fonte: MENDONÇA, P. *Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Tese (Mestrado) - Universidade Do Minho Departamento de Engenharia Civil Guimarães, Portugal, 2005.*

Tabela 17- Calor específico (c) de alguns materiais.

Tabela A1.1.5. Calor específico (c) de alguns materiais		
Material	kcal/kg.°C	J/kg.K
Aço	0,110-0,120	450-512
Acrílico	0,350	1.460
Água	1,000	4.187
Álcool metílico	0,609	2.549
Alumínio	0,200-0,215	830-950
Amoníaco	1,125	4.710
Ar	0,240	1.000
Areia	0,190	800
Argamassa de cimento	0,250	1.046
Asfalto	0,215	920
Betão	0,210-0,260	840-1.040
Calcário	0,190	810
Cerâmica	0,220-0,240	920-1.000
Chumbo	0,031	128-130
Cobre, Zinco	0,092	386-390
Cortiça, aglomerado	0,040	170
Estanho, Prata	0,055	230-240
Granito	0,160	650
Grés	0,180	745
Hidrogénio	3,390	14.200
Lã mineral	0,160-0,190	670-800
Madeira	0,360-0,600	1.500-2.510
Madeira, aglomerado	0,310	1.300
Mármore	0,200	830
Óleo vegetal	0,400	1.670
Painel de fibras isolantes	0,330	1.400
Painel de aglomerado denso	0,300	1.250
Parafina	0,510	2.130
Pedras calcárias	0,220	920
Petróleo	0,510	2.130
Poliétileno	0,550	2.300
Poliestireno expandido	0,370	1.550
Poliuretano expandido	0,250	1.045
PVC	0,250	1.040
Terra	0,440	1.840
Vapor de água	0,420	1.760
Vidro	0,200	750
Zinco	0,090	389

Fontes: (Sastre 2000); www.ex.ac.uk/trol/dictunit/notes5/htm;
www.engineeringtoolbox.com/24_151.html

Fonte: MENDONÇA, P. *Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Tese (Mestrado) - Universidade Do Minho Departamento de Engenharia Civil Guimarães, Portugal, 2005.*

Tabela 18 - Condutibilidade térmica (λ) de materiais de construção.

Material	W/m.°C
Isolamentos	
Lã de rocha (20-35kg/m ³)	0,045
(35-180kg/m ³)	0,040
Lã de vidro (8-12kg/m ³)	0,045
(12-80kg/m ³)	0,040
Vidro celular (110-140kg/m ³)	0,050
Aglomerado negro de cortiça (10-150kg/m ³)	0,045
Poliestireno expandido moldado (15-35kg/m ³)	0,040
Poliestireno expandido extrudado (25-40kg/m ³)	0,035
Espuma rígida de Poliuretano (30-40kg/m ³)	0,030
Argila expandida (8/16)	0,160
Materiais granulares leves ou fibras soltas	0,050
Pedras (incluindo juntas de assentamento)	
Granito, gneisso, pórfiro	3,00
Xisto, ardósia	2,20
Basalto	1,60
Lava, traquita, andesito	1,10
Calcário - mármore	2,90
Calcário - outros	1,40
Grés - quartzoso	2,60
Grés - calcário	1,90
Brita ou seixo calcário	0,70
Silex	2,60
Betões e compostos de cimento	
Betão de inertes correntes - normal	1,75
Betão de inertes correntes - cavernoso	1,40
Betão de pozolana ou escória expandida - com finos	0,52
Betão de pozolana ou escória expandida - sem finos	0,35
Betão de pedra-pomes	0,46
Betão - dosagem de cimento >300Kg/m ³	0,70
Betão - dosagem de cimento <300Kg/m ³	0,25
Betão de vermiculite ou de perlite - cimento/areia: 1/3	0,31
Betão de vermiculite ou de perlite - cimento/areia: 1/6	0,24
Betão autoclavado	0,20
Betão de aparas de madeira	0,12
Argamassa de inertes correntes	1,15
Piadas de fibrocimento	0,80
Cerâmica	
Cerâmica de barro vermelho	1,15
Gessos	
Estuque projectado	0,50
Estuque tradicional, piadas de estufe, gesso cartonado	0,35
Estuque com inertes leves - gesso/inerte: 1/1	0,30
Estuque com inertes leves - gesso/inerte: 1/2	0,25
Madeiras e derivados	
Madela de massa volumica elevada	0,290
Cavalho, freixo, faia, pinho, casquinha, cedro, abeto	0,150
Balsa	0,052
Aglomerado de fibras de madeira: 300<d<400Kg/m ³	0,110
Aglomerado de fibras de madeira: 400<d<500Kg/m ³	0,130
Aglomerado de fibras de madeira: 500<d<600Kg/m ³	0,150
Aglomerado de fibras de madeira: 600<d<800Kg/m ³	0,180
Aglomerado de partículas de madeira - prensadas	0,120
Aglomerado de partículas de madeira duro (Platex)	0,160
Aglomerado de madeira / cimento	0,220
Contraplacado 350<d<450Kg/m ³	0,115
Contraplacado 450<d<600Kg/m ³	0,150
Metais	
Aço	52
Alumínio	230
Chumbo	35
Cobre	380
Duralumínio	160
Ferro	72
Ferro fundido	56
Latão	110
Zinco	112
Polímeros	
Borrachas sintéticas, poliâmidas, poliésteres, polietileno	0,4
Acrílicos, PVC	0,2
Revestimentos	
Aglomerado de cortiça	0,10
Alcatrã	0,05
Areia - seca	0,37
Areia - húmida	1,28
Terra - seca	0,16
Terra - húmida	0,77
Água	0,58
Ar seco	0,24
Membranas betuminosas	0,23
Asfalto	0,81
Vidro	
Chapa de vidro	1,10

Fonte: (Pina dos Santos 1990); (Sánchez 2005)

Fonte: MENDONÇA, P. *Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Tese (Mestrado) - Universidade Do Minho Departamento de Engenharia Civil Guimarães, Portugal, 2005.*

PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES E COBERTURAS - CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES E COBERTURAS (V.5). UFSC

Tabela 19 - Propriedade térmica de alguns materiais usados em paredes.
A.1 Propriedades térmicas dos materiais construtivos utilizados para as paredes

Material	Propriedade térmica		
	Densidade de massa aparente (ρ)	Condutividade térmica (λ)	Calor específico (c)
	[kg/m ³]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
Argamassa de assentamento	2000	1,15	1,00
Concreto (bloco e parede)	2400	1,75	1,00
Reboco	2000	1,15	1,00
Tijolo cerâmico	1600	0,90	0,92

Fonte: ABNT (2005).

Fonte: MORISHITA, C. et al. *Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas (v.5). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, out 2011.*





Tabela 20 - Propriedade térmica de alguns materiais usados em coberturas.
A.2 Propriedades térmicas dos materiais construtivos utilizados para as coberturas

Material	Propriedade térmica		
	Densidade de massa aparente (ρ)	Condutividade térmica (λ)	Calor específico (c)
	[kg/m ³]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
Argamassa de reboco	2000	1,15	1,00
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Concreto (laje)	2200	1,75	1,00
Fibrocimento	1900	0,95	0,84
Gesso	750	0,35	0,84
Madeira	600	0,15	1,34
PVC	1300	0,20	0,96
Telha metálica de aço	7800	55	0,46

Fonte: ABNT (2005).

Fonte: MORISHITA, C. et al. *Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas (v.5). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, out 2011.*

Tabela 21 - Resistência térmica de alguns materiais.
A.3 Resistência térmica superficial interna e externa

R_{Si}		R_{Se}	
[(m ² .K)/W]		[(m ² .K)/W]	
Direção do fluxo de calor		Direção do fluxo de calor	
Horizontal	Descendente	Horizontal	Descendente
			
0,13	0,17	0,04	0,04

Fonte: ABNT (2005).

Fonte: MORISHITA, C. et al. *Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas (v.5). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, out 2011.*