

## **ESTUDO PRELIMINAR PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PARA O CLIMA Cfb**

### ***PRELIMINARY STUDY FOR A HOUSE IN A Cfb CLIMATE***

#### **FORTE, Alicia Armanini**

Mestranda em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR,  
Curitiba / PR, Brasil  
aliciasxe@gmail.com

#### **REIF, Susann**

Arquiteta e Urbanista, Especialista em Arquitetura Sustentável.  
reif.susann@gmail.com

#### **IHLENFELD, Walter**

Mestrando em Engenharia Civil, Engenheiro Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR,  
Curitiba / PR, Brasil  
walterihlenfeld@alunos.utfpr.edu.br

#### **FERNANDES, Leandro Carlos**

Doutor em Tecnologia e Sociedade, Arquiteto e Urbanista, Universidade Federal do Paraná - UFPR,  
Curitiba / PR, Brasil  
leandrofernandes@ufpr.br

**Resumo:** *A função primária da arquitetura é criar ambientes adequados às necessidades do ser humano. Em se tratando das variáveis do ambiente térmico interno, espera-se que seus valores permaneçam dentro de certos intervalos. Amplitudes térmicas excessivas e temperaturas abaixo ou acima de certos valores estão associadas à dificuldade para dormir, baixa produtividade, aumento na incidência de doenças, de hospitalizações e de crises de doenças crônicas, especialmente entre idosos e crianças. Geralmente, controlar essas variáveis significa criar, no interior das edificações, ambientes distintos do ambiente externo. Para isso, o ideal é optar por estratégias passivas, minimizando o impacto ambiental, o que demanda a aplicação de abordagens específicas para o desenvolvimento do processo de projeto. No caso de projeto de edificações para o clima Cfb, há falta de publicações didáticas específicas. Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo aplicar uma abordagem que considera o clima no processo de elaboração do estudo preliminar de uma habitação para o município de São Joaquim/SC. Para isso, foi utilizada como apoio a ferramenta Antropo, que automatiza a simulação de um ambiente interno hipotético e as análises estatísticas, retornando diretrizes de projeto específicas para o clima considerado. Como entrada, foi utilizado um arquivo do tipo EPW. No processo, as diretrizes obtidas foram traduzidas para a forma de um estudo preliminar de uma habitação unifamiliar. Como resultado, obteve-se o projeto de uma edificação compacta, com envelope isolante, paredes internas pesadas e formulada de maneira a buscar tirar proveito do aquecimento solar passivo.*

**Palavras-chave:** *Condicionamento térmico passivo. Regionalismo arquitetônico. Estudo preliminar.*

**Abstract:** *The primary function of architecture is to create environments suited to human needs. In terms of the internal thermal environment, it is sought that the values of its variables remain within certain intervals. It is known, for example, that excessive thermal amplitudes and temperatures below or above certain values are associated with difficulty sleeping, low productivity, increased incidence of diseases, internment and crises of chronic diseases, especially among the elderly and children. Generally, controlling these variables means creating environments that are different from the external environment inside buildings. For this, the ideal is to opt for passive strategies, minimizing the environmental impact, which demands the application of specific approaches for the development of the design process. When it comes to designing buildings for the Cfb*

climate, there is a lack of specific didactic publications. Due to this context, this research aimed to apply an approach considering the climate in the process of elaborating the preliminary study of a house for the municipality of São Joaquim / SC. For this, the Antropo tool was used as support, which automates the simulation of a hypothetical indoor environment and the statistical analyses, returning specific design guidelines for the considered climate. As input data, an EPW file was used. In the process, the guidelines obtained were translated into the format of a preliminary study of a single-family dwelling. As a result, the design of a compact building was obtained, with an insulating envelope, heavy internal walls and formulated in order to seek to take advantage of passive solar heating.

**Keywords:** Passive thermal conditioning. Architectural regionalism. Preliminary study.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país continental, relativamente jovem, com grande diversidade de climas e com uma população formada por descendentes oriundos de diferentes culturas. No setor da construção civil, o país apresenta uma regulamentação crescente, com aumento no número de engenheiros e arquitetos. Porém, muitas vezes, com formação acadêmica desconectada das práticas vernaculares, ao mesmo tempo em que ocorre uma maior disponibilidade de novos materiais e sistemas construtivos. Nesse contexto, as regiões climáticas nas quais reside a maior parte da população tem recebido prioridade em se tratando da adequação das práticas de projeto e construção. Enquanto isso, algumas partes do território, como aquelas nas quais ocorre o clima Cfb, não dispõem de tradições construtivas consolidadas e adaptadas aos climas locais. Diante desse quadro, é necessário um esforço para analisar esses contextos específicos a fim de colaborar para o estabelecimento de uma cultura projetual voltada para técnicas passivas para condicionamento térmico.

Observando a região de clima Cfb, constata-se que se trata de uma pequena parcela do território brasileiro (ALVARES *et al.*, 2013), concentrada na região Sul (Figura 1a). Em se tratando do zoneamento bioclimático brasileiro, voltado para a construção civil, a região abrangida pela Zona 1 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT/CB-55, 2005), com o clima mais frio, a área territorial é ainda menor e, por isso mesmo, mais particular.

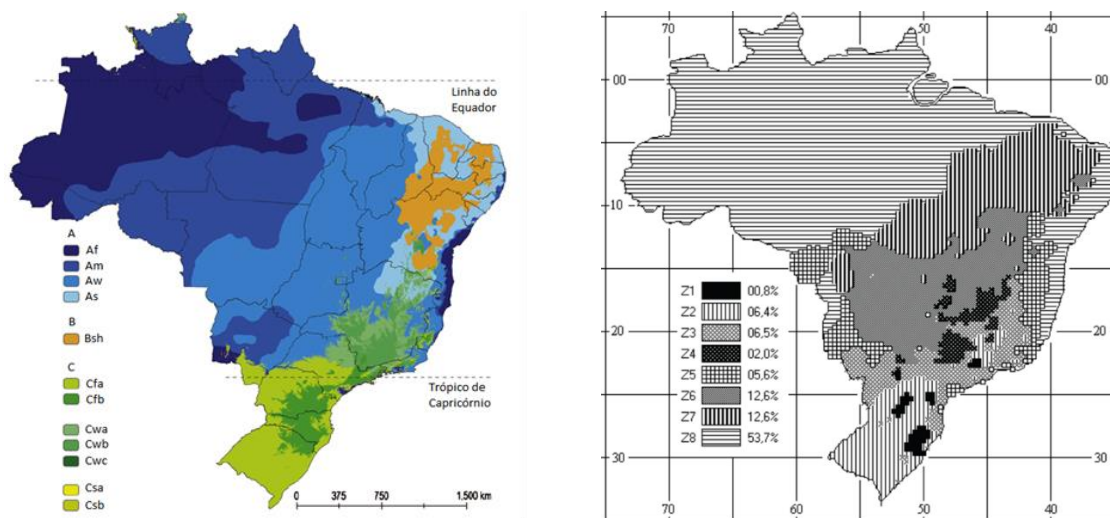


Figura 1. a) Classificação do clima para o Brasil segundo os critérios de Köppen. b) Zoneamento bioclimático brasileiro.

Fonte: Adaptado de Alvares et al. (2013). NBR 15.220 (ABNT, 2005).

Em uma pesquisa recente, com uma amostra de aproximadamente 300 participantes residentes na região metropolitana de Curitiba (clima Cfb), Moreira (2022) observou que a grande maioria dos respondentes apontou sentir desconforto por frio no interior de suas moradias no período de inverno e que os moradores possuem uma opinião negativa quanto ao desempenho térmico dessas edificações.

Visando colaborar para o desenvolvimento de uma cultura projetual que valorize o desempenho térmico passivo das edificações em climas específicos, algumas pesquisas vêm sendo produzidas e publicadas. Cita-se a pesquisa de Kramel, avaliando o uso da capacidade térmica das paredes internas e nos isolamentos resistivo e capacitivo para o controle do nível de inércia térmica de residências no estado do Paraná (KRAMEL, 2021; KRAMEL *et al.*, 2022). No mesmo sentido, também consta uma pesquisa específica para os climas de Santa Catarina (FERNANDES *et al.*, 2021). Em outra pesquisa Dias *et al.* (2022) observaram benefícios quanto utilizada uma forma compacta para o projeto de uma residência unifamiliar no clima de Curitiba.

Outra publicação a respeito de diretrizes projetuais é a Parte 3 da ABNT/CB-55 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT/CB-55, 2005), que aponta diretrizes para projetos em diferentes locais do território nacional. Para a zona bioclimática 1 (ZB1), a norma indica controle da ventilação, captação da radiação solar direta durante o período frio para aquecimento, envelope dotado de isolamento e paredes internas dotadas de alta capacidade térmica.

Para além das iniciativas da comunidade acadêmica de pesquisadores, também há iniciativas como a do grupo “Brasil sem frestas”, que confecciona e aplica das chapas térmicas de caixas de leite, dotadas de camada voltada para o isolamento refletivo, com o objetivo principal de melhorar o desempenho térmico de moradias de populações de baixa renda (BRASIL SEM FRESTAS, 2013).

Outra iniciativa pertinente é o Antropo (FERNANDES, 2023), uma ferramenta desenvolvida localmente e voltada especificamente para apoiar o processo de projeto de edificações passivas nos contextos climáticos da América Latina. A ferramenta fornece diretrizes projetuais orientadas pela abordagem antropoclimática (FERNANDES, 2020), a qual encara a arquitetura como uma ferramenta para a antropização do meio de maneira a se obter ambientes com condições propícias para o desenvolvimento das atividades humanas e com baixo impacto ambiental. As diretrizes obtidas com o Antropo vem sendo testadas para diferentes localidades (FERNANDES, 2020; TEIXEIRA; DE BEM; FERNANDES, 2021; DIAS *et al.*, 2022), cabendo maiores estudos para que ela possa ser validada de maneira mais consistente.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo aplicar a ferramenta Antropo como apoio no processo de elaboração do estudo preliminar de uma habitação passiva para o clima do município de São Joaquim / SC.

## 2. MÉTODO

O presente projeto de habitação foi elaborado como atividade da disciplina “Abordagem Antropoclimática do Projeto de Edificações” do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, utilizando a ferramenta Antropo (1.04), desenvolvida no editor de planilhas Microsoft Excel 365. A ferramenta tem por objetivo dar suporte ao processo de projeto de pequenas edificações, de baixo consumo energético e considerando à ideia do conforto adaptativo.

### 2.1 São Joaquim

São Joaquim é uma cidade localizada em uma região montanhosa no Sul do Estado de Santa Catarina, a aproximadamente 1.360 metros acima do nível do mar, na latitude de  $-28^{\circ}17'19''$  e na longitude  $49^{\circ}55'54''$  a oeste do meridiano de Greenwich (MUNICÍPIO DE SÃO JOAQUIM, 2013), apresentando o clima Cfb (Figura 2).

O clima Cfb é temperado com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas e sem estação seca. A temperatura média do mês mais quente não chega a 22 °C e a precipitação média é de 1.100 a 2.000 mm. Apresenta geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente (EMBRAPA, 1988).

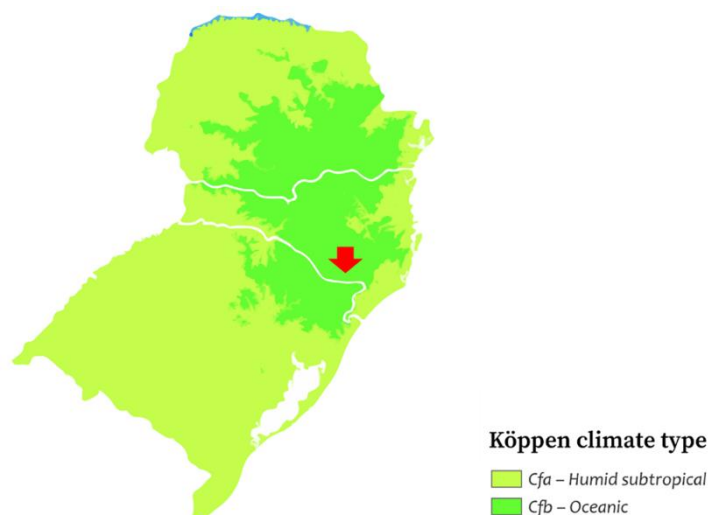


Figura 2. Localização do município de São Joaquim/SC e classificação climática do seu entorno.

Fonte: Adaptado de Alvares *et al.* (2013).

As temperaturas médias em Santa Catarina variam substancialmente de acordo com a localização altimétrica, definindo uma região caracteristicamente mais fria no interior. A região de São Joaquim que se situa, em altitudes superiores a 1.000 m, culmina no Morro da Igreja, com altitude de 1.808 m. A média anual de temperatura é de aproximadamente 10°C. São comuns geadas, podendo ocorrer nos meses de inverno (CIDADE-BRASIL, 2021).

A carta solar (Figura 3) para a latitude (-28,28) de São Joaquim apresenta bastante assimetria, comparando os percursos aparentes do sol no verão com os percursos do período do inverno. Durante o inverno, os percursos descrevem traços situados em alturas solares baixas. A altura solar máxima em 21 de junho é de apenas 38,3°. Por outro lado, os percursos do período de verão, principalmente nos horários próximos do meio-dia, apresentam alturas solares próximas do valor máximo. No inverno, essa configuração dos percursos solares aparentes é propícia para captação da radiação solar por aberturas voltadas para a direção Norte.

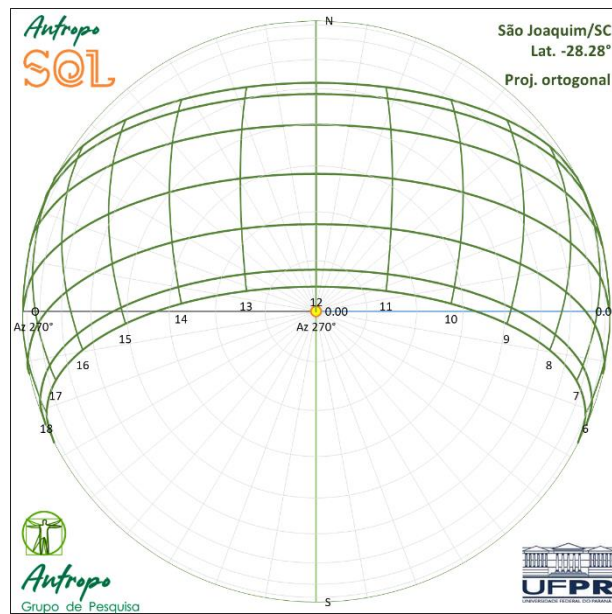


Figura 3. Carta solar para a latitude (-28,28) de São Joaquim / SC.

Fonte: Antropo.Sol v. 2.0.

Em se tratando dos ventos, durante o inverno e o outono, períodos mais frios, predominam aqueles vindo do quadrante noroeste (Figura 4a). Nos meses do verão e da primavera as direções são menos definidas. Quanto à velocidade (Figura 4b), não há uma direção predominante para os ventos mais intensos.

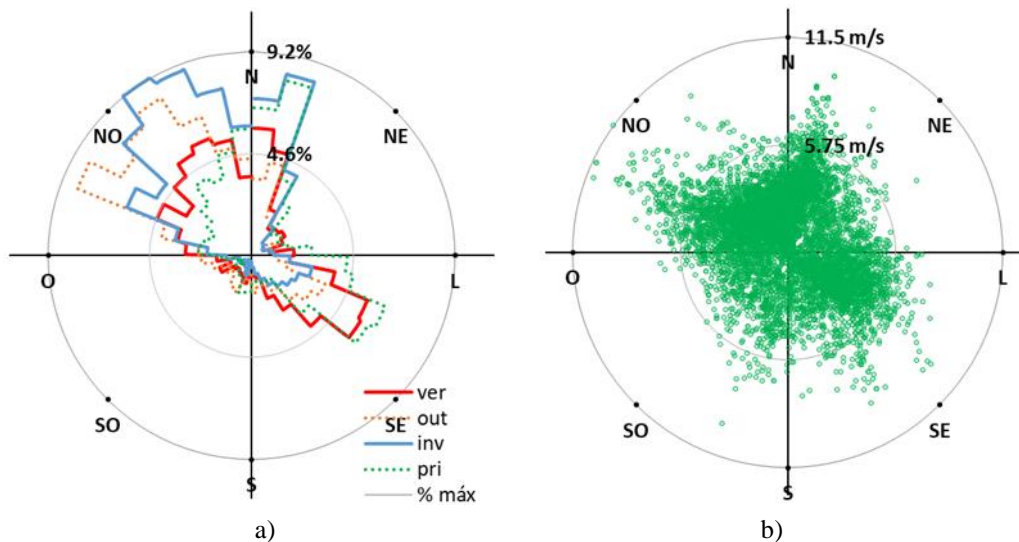


Figura 4. a) Direção e b) intensidade dos ventos em São Joaquim / SC.

Fonte: Antropo v. 1.04.

Quando a velocidade do ar é relacionada com os horários do dia (Figura 5), observa-se que, enquanto é comum que em muitas localidades brasileiras ocorram velocidades mais expressivas próximo do horário do meio-dia e velocidades próximas de zero no início da manhã e no final do dia, em São

Joaquim essas diferenças marcantes não são registradas. A intensidade média é praticamente constante ao longo das 24 horas do dia, com valor próximo de 3 m/s. Esse dado deve ser levado em consideração por se tratar de um clima frio, pois o vento potencializa as perdas térmicas por convecção especialmente nos horários nos quais as diferenças de temperatura entre os ambientes interno e externo são mais expressivas.

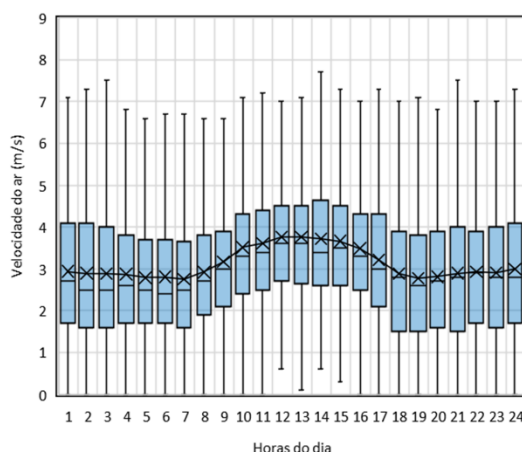


Figura 5. Velocidade do vento em função do horário do dia.

Fonte: Antropo v. 1.04.

## 2.2 Condicionantes do projeto

Para além dos condicionantes naturais impostos pelo clima, foram considerados os listados a seguir.

### 2.2.1 Usuários hipotéticos e Ambientes

O estudo preliminar adotou como usuários hipotéticos um casal com um filho. Como ambientes mínimos, listou-se um quarto de casal e um quarto para solteiros (íntimo), uma sala de estar/jantar, escritório, banheiro social (social), cozinha/copa, lavanderia e garagem para dois carros (serviços).

### 2.2.2 Métodos para condicionamento térmico

A abordagem antropoclimática prevê que, idealmente, o condicionamento térmico das edificações deve ser passivo. Caso não seja possível atender essa demanda, podem ser adotados artifícios para condicionamento térmico ativo desde que minimizem seus impactos ambientais.

### 2.2.3 Outros condicionantes

Foi adotado um lote de meio de quadra, plano, com frente com 20 metros de largura orientada para leste e laterais com 35 metros de comprimento orientadas para norte e sul.

As paredes com aberturas respeitaram recuos de 1,5 metros das divisas laterais e nos fundos. O recuo frontal foi de 5,0 metros.

## 2.3 Dados climáticos

Como dados de entrada para o Antropo, foi utilizado um arquivo do tipo EPW (*EnergyPlus Weather File*) resultante da compilação e análise de dados do período de 2007 até 2021. Os dados gravados

no arquivo EPW configuram um conjunto de dados chamado de TMYx ou ano meteorológico típico (*Typical Meteorological Year*). O dados TMYx são dados meteorológicos típicos derivados de dados meteorológicos horários até 2021 usando as metodologias TMY/ISO 15927-4:2005 (ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2005). Os dados foram produzidos e disponibilizados no site Climate.Onebuilding.org por autores voluntários (LAWRIE; CRAWLEY, 2022)

## 2.4 Análise dos dados

A análise dos dados e a produção de diretrizes para projeto foi realizada utilizando a ferramenta Antropo versão 1.04. Trata-se de um conjunto de rotinas executado no editor de planilhas eletrônicas Excel, do pacote Office 365, da Microsoft Corporation. A ferramenta toma como base o modelo adaptativo da norma ANSI/ASHRAE Standard - 55-2020 (ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, 2020). Detalhes a respeito dos cálculos e análises estatísticas realizados pelo Antropo são descritos por Fernandes (2020).

Em linhas gerais, os procedimentos podem ser descritos conforme apresentado a seguir.

### 2.4.1 Análise dos dados do clima a partir de diagramas sintéticos

Inicialmente, o Antropo analisa e fornece gráficos e informações sintéticos a respeito do clima.

### 2.4.2 Plotagem de dados sobre o diagrama antropoclimático 1 (DA1)

Nesta etapa, as temperaturas externas do ar são tomadas como se fossem temperaturas operativas internas de uma edificação hipotética e são analisadas frente ao modelo adaptativo. Para isso, os dados são plotados sobre o diagrama antropoclimático 1 (DA1). Nesta análise, é medido o nível de inércia térmica relativo (NITRR) demandado para que a edificação faça frente às oscilações das temperaturas externas e são sugeridas características para o sistema construtivo a ser utilizado (Figura 6).

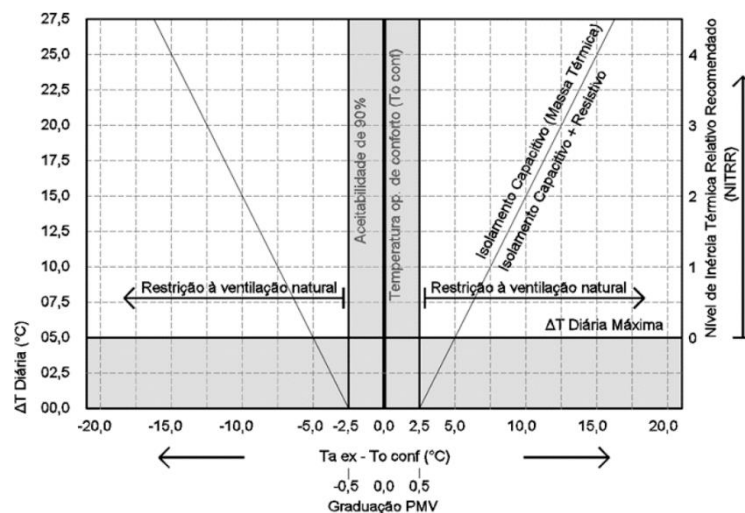


Figura 6: Diagrama Antropoclimático 1  
Fonte: Fernandes, 2020.

### 2.4.3 Plotagem de dados sobre o diagrama antropoclimático 2 (DA2)

Neste ponto, a partir das sugestões obtidas anteriormente, são simuladas temperaturas operativas internas para uma pequena edificação com o sistema construtivo sugerido. Estas temperaturas

simuladas são então analisadas, também considerando o modelo adaptativo, e são fornecidas novas diretrizes. Para isso, os dados são plotados sobre o diagrama antropoclimático 2 (DA2) representado na Figura 7.

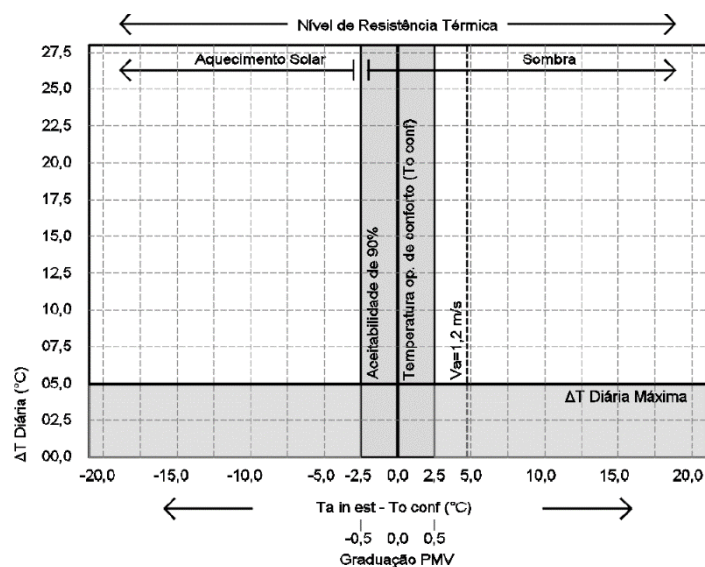


Figura 7: Diagrama Antropoclimático 2  
Fonte: Fernandes, 2020.

Em resumo, o fornecimento de diretrizes ocorre em etapas sucessivas e interdependentes. Além de utilizar o modelo adaptativo, a ferramenta se diferencia de outras utilizadas por projetistas justamente por realizar as análises e o apontamento de diretrizes em etapas, enquanto as demais o fazem em um momento único, desconsiderando que as diretrizes impactam umas às outras. Por exemplo, em alguns climas, o uso de alta capacidade térmica pode eliminar a necessidade de aquecimento ou resfriamento.

## 2.5 Elaboração da proposta de estudo preliminar

Tendo em mãos as diretrizes fornecidas pelo Antropo quanto ao sistema construtivo, a forma, sombreamento, resfriamento, aquecimento etc. e os condicionantes definidos a priori, procedeu-se à elaboração do estudo preliminar. Neste estágio, também foram consideradas outras questões inerentes à qualidade do processo de projeto arquitetônico, como segurança, funcionalidade, aspectos plásticos, baixo impacto ambiental, entre outros.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os resultados das análises de dados e a proposta para a edificação.

### 3.1.1 Análise considerando o diagrama antropoclimático 1 (DA1)

Nesta análise, os dados do ambiente externo são considerados como se fossem de um ambiente interno hipotético, sem inércia térmica, plenamente integrado com o exterior, sombreado e com grandes aberturas (TEIXEIRA, 2021). A ideia é que esse ambiente original seja transformado ao longo do projeto, no transcorrer de etapas sucessivas, para que suas temperaturas operativas e amplitudes térmicas diárias venham a corresponder ao recomendado para ambientes internos considerando o modelo adaptativo utilizado (FERNANDES, 2020).

A Figura 8a apresenta as diferenças entre as temperaturas médias diárias e a temperatura neutra e a Figura 8b apresenta as diferenças entre as temperaturas médias diárias e a temperatura neutra. Na Figura 8a, observa-se um deslocamento dos pontos para o lado esquerdo dados do eixo, indicando que os valores das temperaturas médias diárias, em geral, podem ser descritos baixos, indicando o contexto de frio. Quando observados os valores horários (Figura b), percebe-se que predomina o contexto de frio, mesmo durante o período diurno. Durante a noite, em nenhuma hora ocorre desconforto por calor e raramente ocorrem temperaturas no intervalo recomendado para o interior de edificações. Em se tratando das amplitudes térmicas diárias (Figura e Figura ), predominam valores maiores do que 5°C (89,9% dos dias).

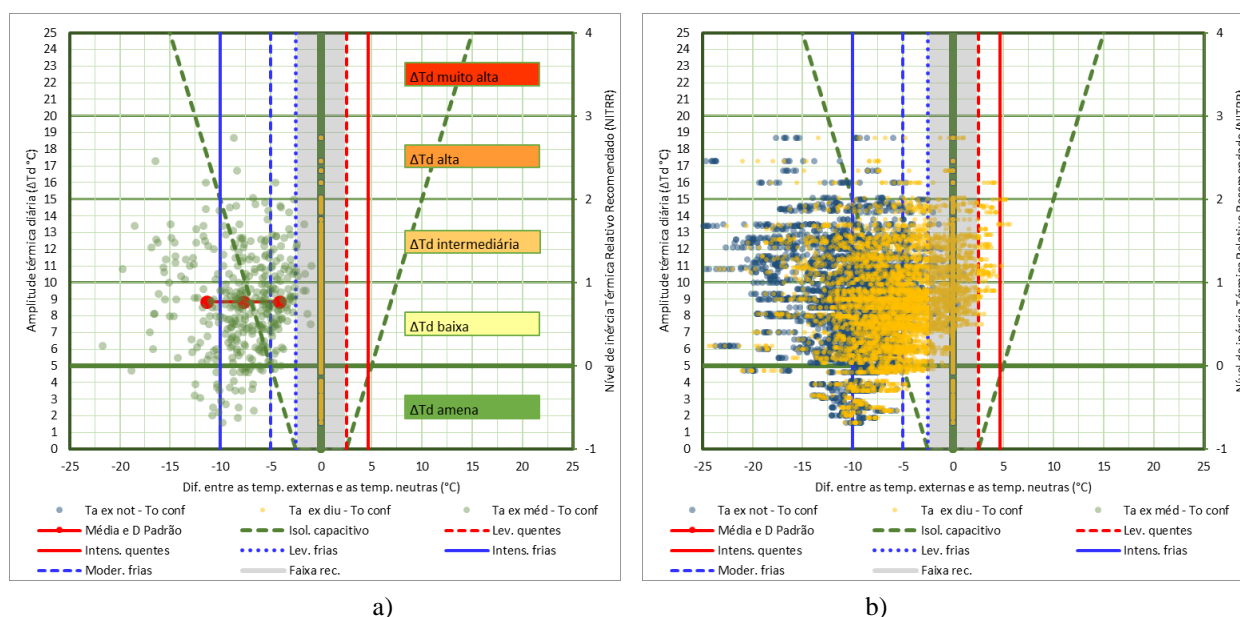


Figura 8. a) Diferenças entre as temperaturas médias diárias e a temperatura neutra. b) Diferenças entre as temperaturas médias diárias e a temperatura neutra.

Fonte: Antropo 1.04.

Diante da necessidade de reduzir as amplitudes térmicas diárias e diante da posição da média das diferenças entre as Temperaturas médias diárias e as Temperaturas neutras, recomenda-se o arranjo construtivo “Tipo 1”, que consiste em promover capacidade térmica no interior, utilizando pisos e paredes pesados, e em ter um envelope isolante (isolamento capacitivo + isolamento resistivo ao frio) voltado para o frio. Dessa maneira, as paredes internas devem prever alta capacidade térmica e as paredes externas com isolante capacitivo resistivo com foco no período de frio.

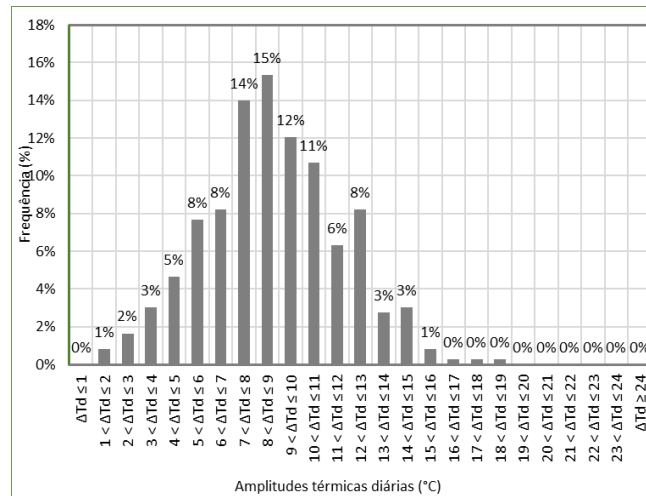


Figura 9. Amplitudes térmicas diárias em São Joaquim / SC.

Fonte: Antropo 1.04.

A plotagem sobre o DA1 gera uma classificação das temperaturas observadas. Constatou-se que grande parte das temperaturas horárias se encontra fora do intervalo recomendado para o interior de edificações. Os meses nos quais ocorreu maior desconforto por frio foram maio, junho e julho. Na média anual, as horas com condições confortáveis correspondem a apenas 11,1 %. Em todos os meses do ano se observa predomínio das temperaturas frias (frio leve, moderado ou intenso).

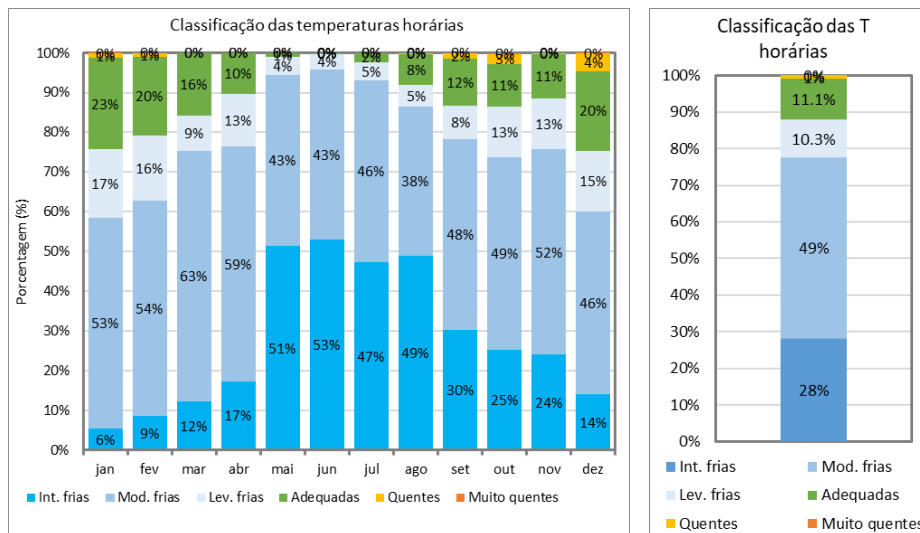


Figura 10. Classificação das temperaturas operativas considerando períodos mensais e o período anual.

Fonte: Antropo 1.04.

Quando comparados os períodos diurno e noturno (Figura 11), percebe-se que praticamente todas as horas com condições adequadas para o interior de edificações estão concentradas no período diurno.

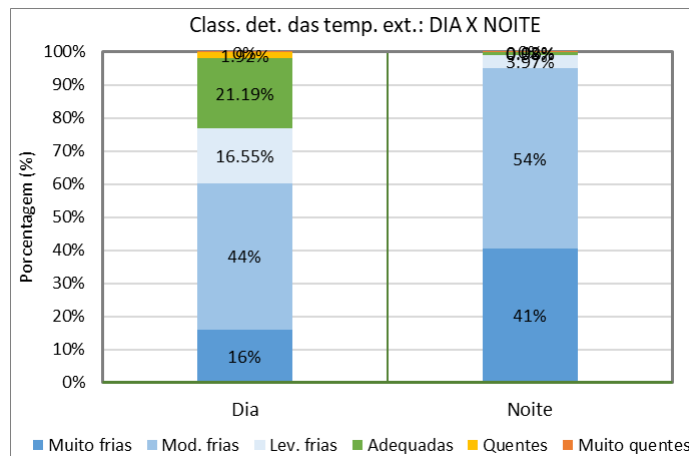


Figura 11: Classificação das temp. operativas nos períodos diurno e noturno.

Fonte: Antropo 1.03

### 3.1.2 Análise considerando o diagrama antropoclimático 2 (DA2)

Nesta etapa, dados simulados para uma edificação hipotética, já com o nível de inércia térmica (NIT) recomendado para o clima local, foram plotados sobre o DA2 (Figura 2). Observou-se que aumentar o nível de inércia térmica reduziu significativamente a flutuação dessas temperaturas (Figura 13), o que é uma conquista importante, pois a demanda por conforto para os usuários impõe limites para as amplitudes térmicas. No entanto, por um lado, a eliminação dos picos e vales de temperatura reduziu o número de horas com temperaturas classificadas como intensamente frias, por outro lado, também reduziu o número de horas com temperaturas no intervalo considerado adequado. A estabilização ocorreu sobre o intervalo de temperaturas considerado moderadamente frio, indicando a necessidade de aquecimento (Figura ).

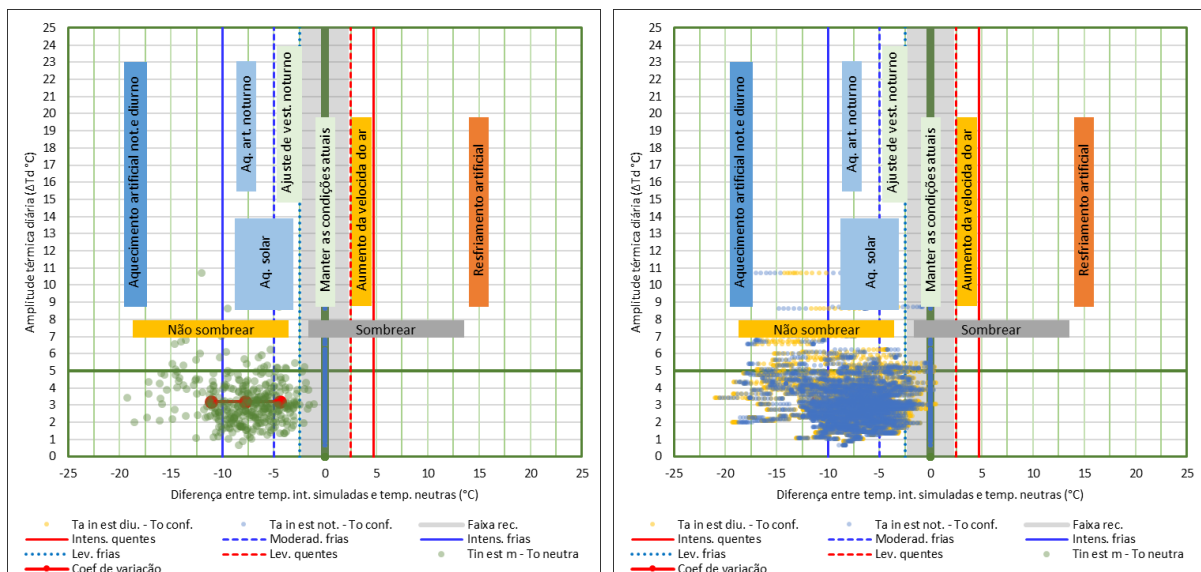


Figura 12. a) Diferenças entre as temperaturas médias diárias simuladas e a temperatura neutra. b) Diferenças entre as temperaturas médias diárias simuladas e a temperatura neutra.

Fonte: Antropo v. 1.04.

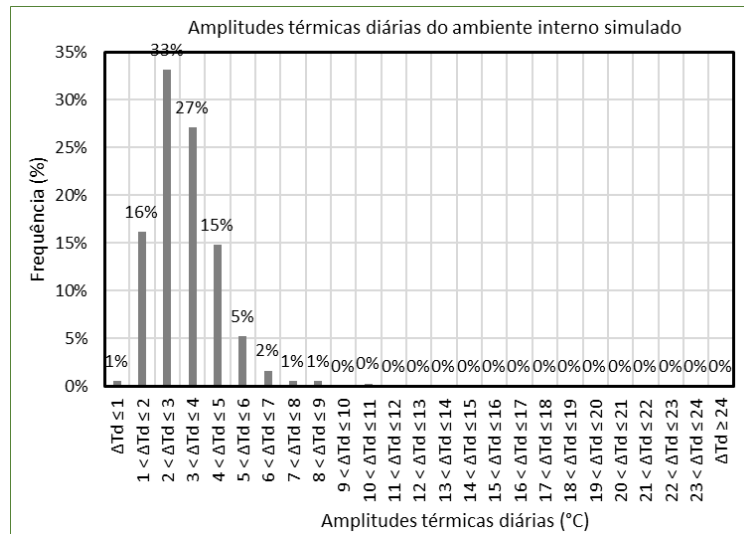


Figura 13. Histograma das amplitudes térmicas diárias simuladas.

Fonte: Antropo v. 1.04.

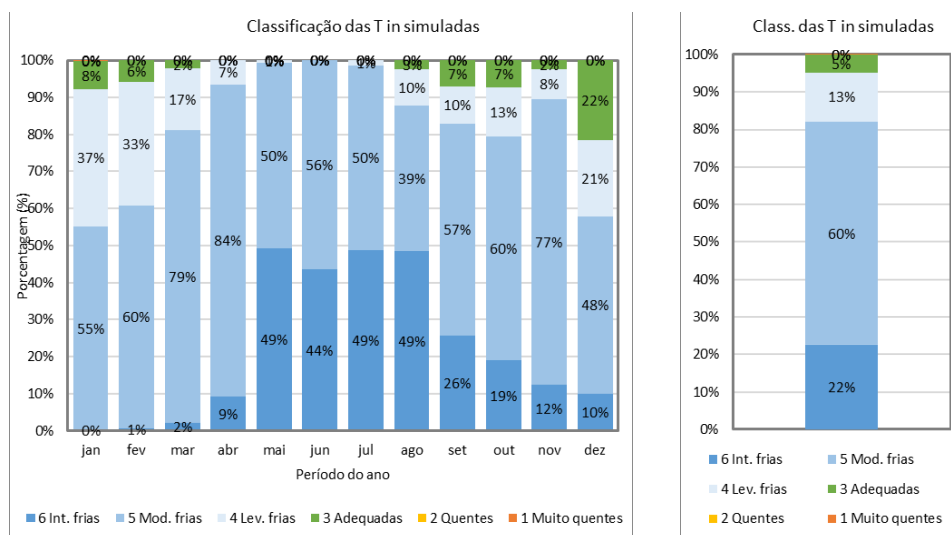


Figura 14. Classificação das temperaturas operativas simuladas considerando períodos mensais e o período anual.

Fonte: Antropo 1.04.

Por fim, a ferramenta apresentou recomendações para o enfrentamento das condições verificadas (Figura 5). A principal recomendação foi o aquecimento solar (em 36,7 % das horas diurnas), seguido pelo aquecimento ativo I (noturno) e o aquecimento ativo II (diurno e noturno).

Cabe lembrar que, devido ao fato de que as estratégias para climatização impactam umas às outras, as demandas podem ser alteradas. O aquecimento solar, diurno, leva ao acúmulo de energia térmica pela edificação. Parte dessa energia estará disponível no interior da edificação durante o período noturno, o que provavelmente repercutirá na redução da demanda por aquecimento artificial durante a noite. Ou seja, é possível refinar o processo modelando o projeto a ser desenvolvido e simulando seu comportamento novamente, desta vez em programas como o EnergyPlus, conforme demonstrado por Dias *et al.* (2022).

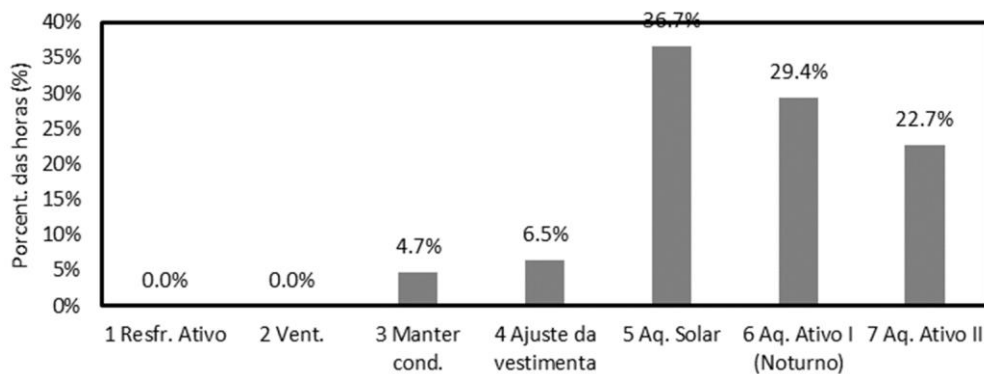


Figura 15. Recomendações obtidas a partir da plotagem de dados sobre o DA2.

Fonte: Antropo v. 1.04.

### 3.1.3 Projeto de habitação

Seguindo as recomendações da ferramenta, buscou-se favorecer o aquecimento solar e artificial e promover o isolamento resistivo nas vedações externas e isolamento capacitivo nas paredes internas, a fim de preservar o calor no projeto da residência. Para atingir esses objetivos, a edificação foi locada mais ao sul do lote, de modo a garantir um recuo maior a norte, para permitir a exposição das aberturas e paredes ao sol, a fim de evitar que as edificações vizinhas gerem sombreamento ou, pelo menos, que sombreiem o menos possível.

Como resultado, foi obtida uma edificação com 2 volumes (Figura 16). No volume maior, com dois pavimentos, estão o setor social, no pavimento térreo, e o íntimo, no pavimento superior. No volume menor, na região sul do terreno, foi projetada a garagem, pois não se trata de um ambiente para permanência prolongada. A Figura 16 apresenta a implantação da edificação no terreno e a incidência solar ao meio dia no solstício de inverno.

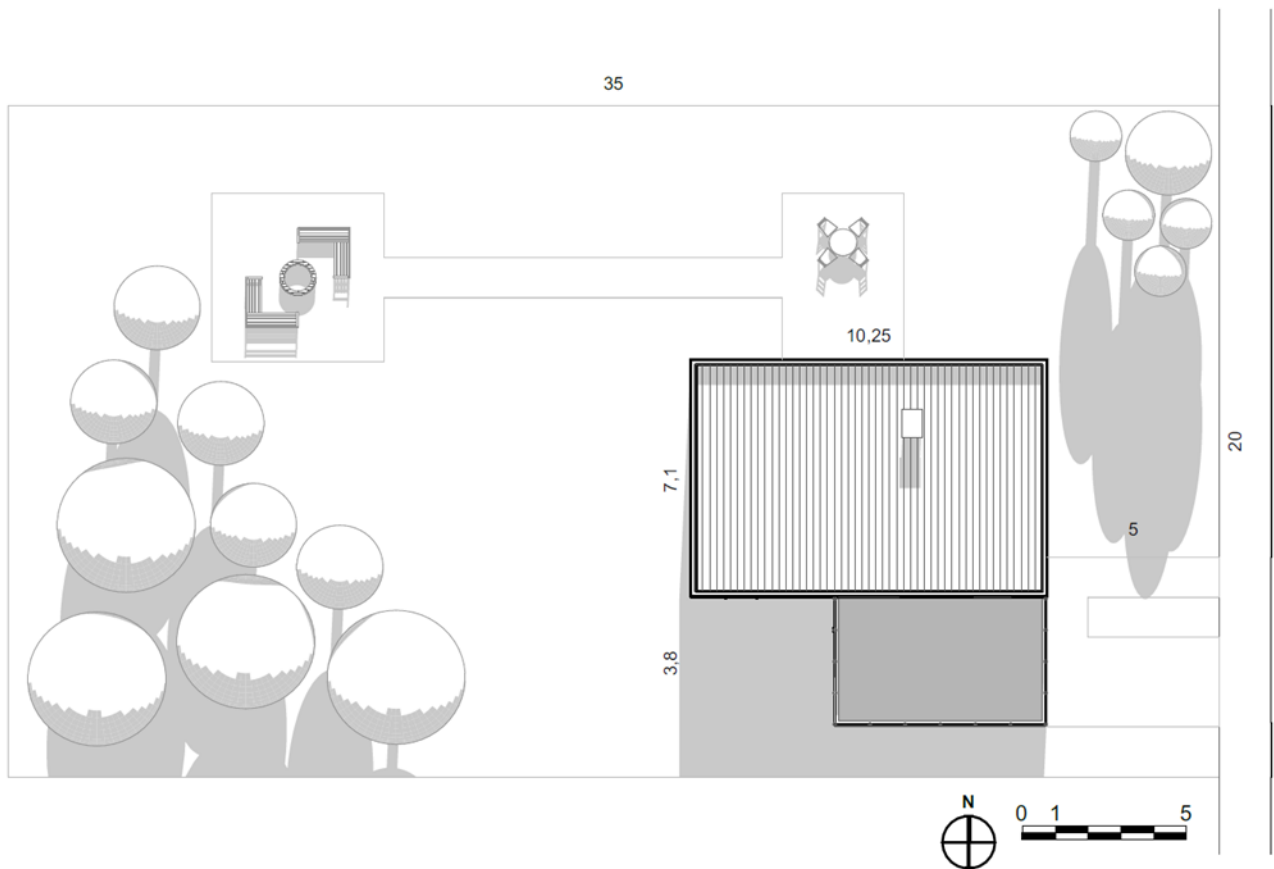


Figura 16. Situação e planta de cobertura.

Fonte: os autores.

Os ambientes de permanência prolongada foram dispostos na face norte do volume principal (Figura 17 e Figura 18), concentrando os demais ambientes na face sul, obtendo-se, como resultado, a forma de um paralelepípedo.

A composição das paredes externas buscou proporcionar isolamento térmico capacitivo e resistivo, somando as propriedades capacitivas da alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado com o potencial resistivo desse material e de uma camada externa extra de poliestireno.

- ✓ Pintura cinza e marrom escuros (externa)
- ✓ Massa acrílica
- ✓ Placa cimentícia
- ✓ Poliestireno de 5 cm de espessura
- ✓ Bloco de concreto celular autoclavado
- ✓ Massa corrida PVA (interna)

A fim de fortalecer a inércia térmica da edificação, as paredes internas foram projetadas em tijolo solo-cimento, material de alta capacidade térmica. O seu acabamento é variável, sem perder o caráter de armazenar calor, podendo utilizar massa corrida, pintura sobre tijolo e revestimento cerâmico (paredes hidráulicas), a critério do proprietário.

Para cobertura foram necessários materiais próprios para isolamento resistivo, resultando na seguinte

composição:

- ✓ Telha sanduíche termoacústica com EPS (externa)
- ✓ Manta de alumínio (baixa emissividade)
- ✓ Laje pré-moldada treliçada de poliestireno
- ✓ Entre pavimentos:
- ✓ Laje pré-moldada treliçada de poliestireno (interna).

A Tabela 1 apresenta as propriedades termofísicas dos componentes da edificação proposta. Cabe destacar:

- a) A capacidade térmica elevada das paredes internas, de blocos de solo-cimento (162,21 kJ/m<sup>2</sup>.°C), da laje entre pavimentos, de concreto (176 kJ/m<sup>2</sup>.°C), e da laje pré-moldada treliçada de poliestireno sob a cobertura (132 kJ/m<sup>2</sup>.°C). Estes elementos potencializam a inércia térmica da edificação;
- b) A transmitância térmica baixa do envelope, com paredes externas em bloco de concreto celular autoclavado (0,72 W/m<sup>2</sup>.°C), revestidos com uma camada de poliestireno de 5 cm de espessura, e com telhado e forro também isolantes (0,64 W/m<sup>2</sup>.°C).

Estrutura	Componentes	e espessura (cm)	U	Ut NBR	Ct
			transmitân cia térmica total (W/m <sup>2</sup> .°C)	15220 (W/m <sup>2</sup> .°C)	capacidade térmica total (kJ/m <sup>2</sup> .°C)
Vedação Externa	Pintura cinza escuro				
	Massa acrílica				
	Placa cimentícia				
	Poliestireno de 5 cm de espessura				
	Revestimento externo em argamassa comum (2,0cm)	20cm			
	Bloco de concreto celular autoclavado		0,72		66
	Revestimento interno em argamassa comum (2,0cm)				
Vedação Interna	Massa corrida PVA				
	Pintura interna branca				
	Pintura branca + Massa corrida PVA ou				
	Revestimento Cerâmico/ Porcelanato	15cm			
Tijolo de solo-cimento		2,77		162,21	
Telhado e Forro	Telha sanduíche termoacústica com EPS 42mm				
	Manta de alumínio (baixa emissividade)	18cm	0,64	0,65	176
	Laje pré-moldada treliçada de poliestireno				
Laje	Laje pré-moldada treliçada de poliestireno	14cm	1,80	2,29	132

Tabela 1. Planta baixa do térreo  
Fonte: os autores.

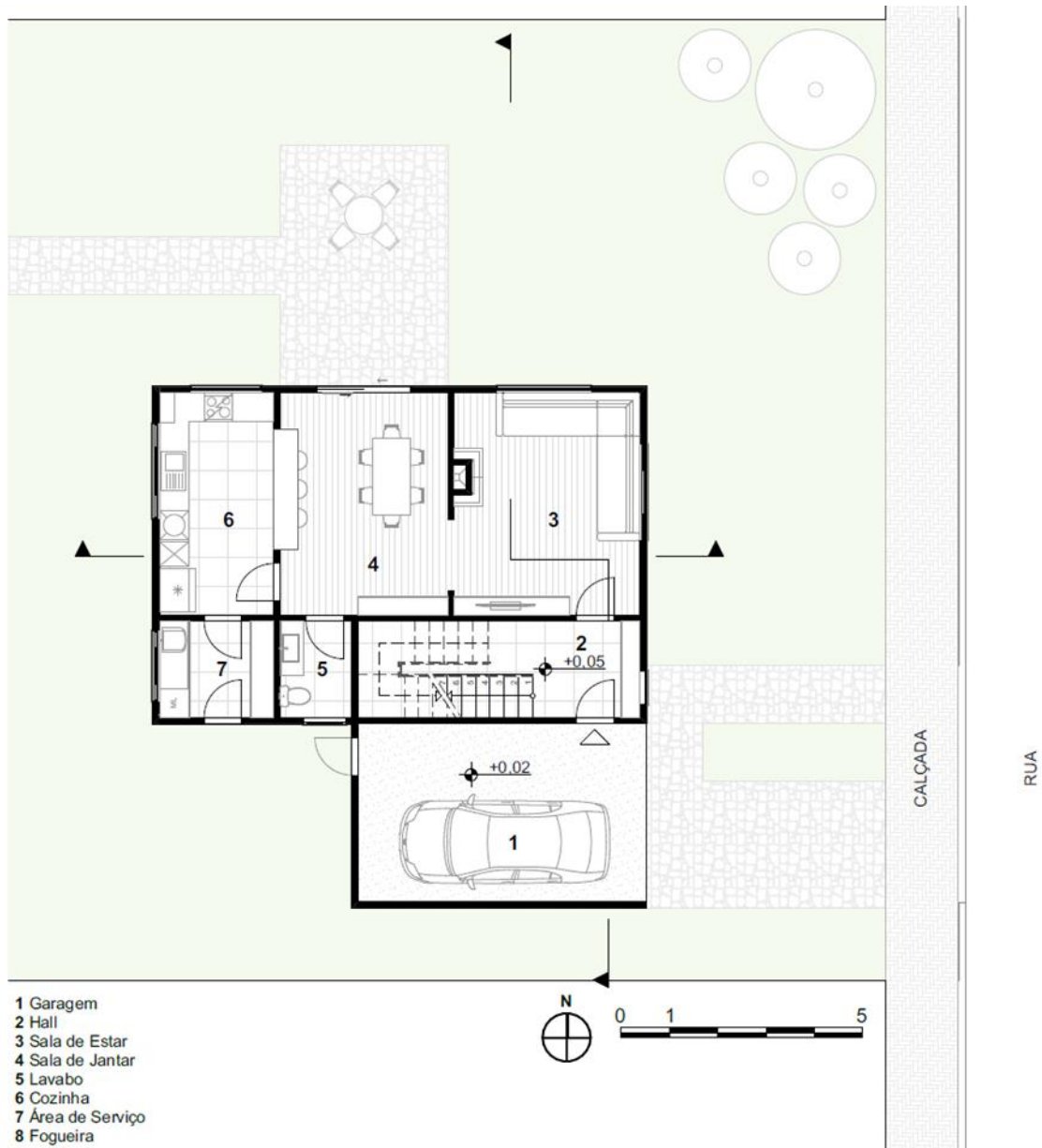


Figura 67: Planta baixa do térreo  
Fonte: os autores.

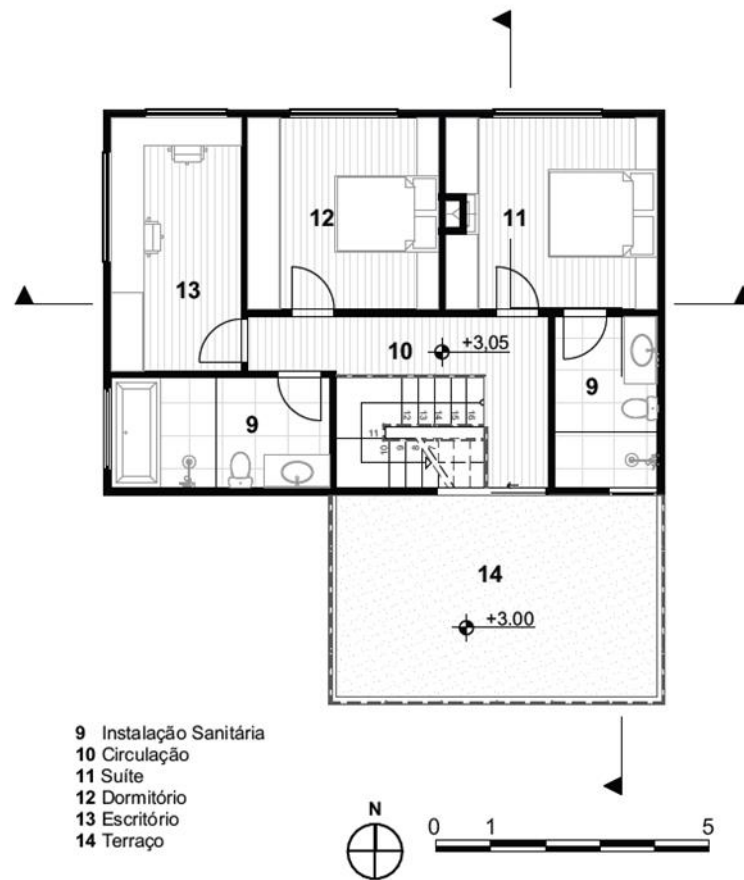


Figura 78: Planta baixa do primeiro pavimento  
Fonte: os autores.

A Figura 19 apresenta um corte longitudinal da edificação mostrando o interior dos ambientes e as aberturas voltadas para a face norte.

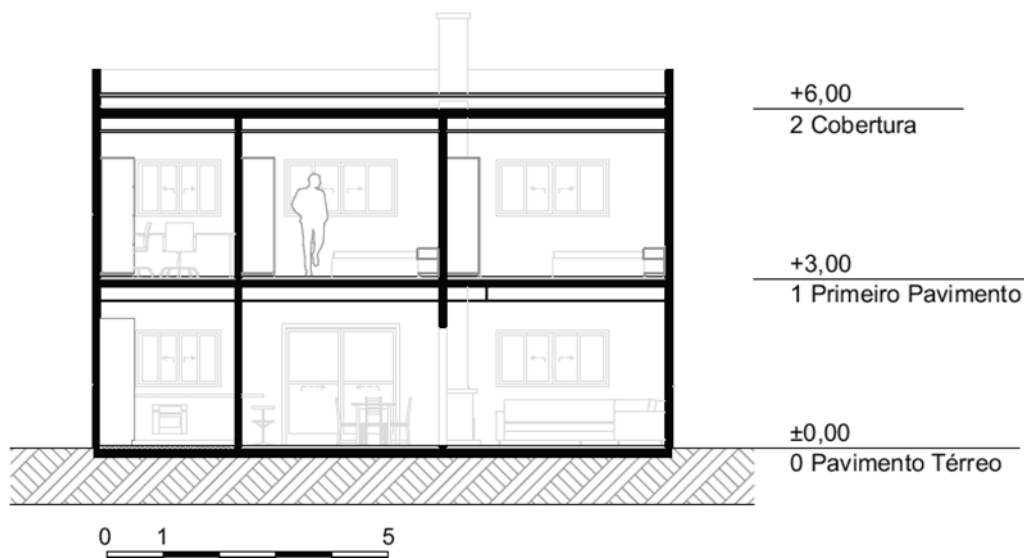


Figura 19. Corte transversal.  
Fonte: os autores.

A Figura 20 apresenta um corte transversal considerando a incidência solar às 12 horas do dia 21 de junho, dia médio para o solstício de inverno. Observa-se que o interior dos ambientes voltados para a face norte é banhado pela radiação solar direta.

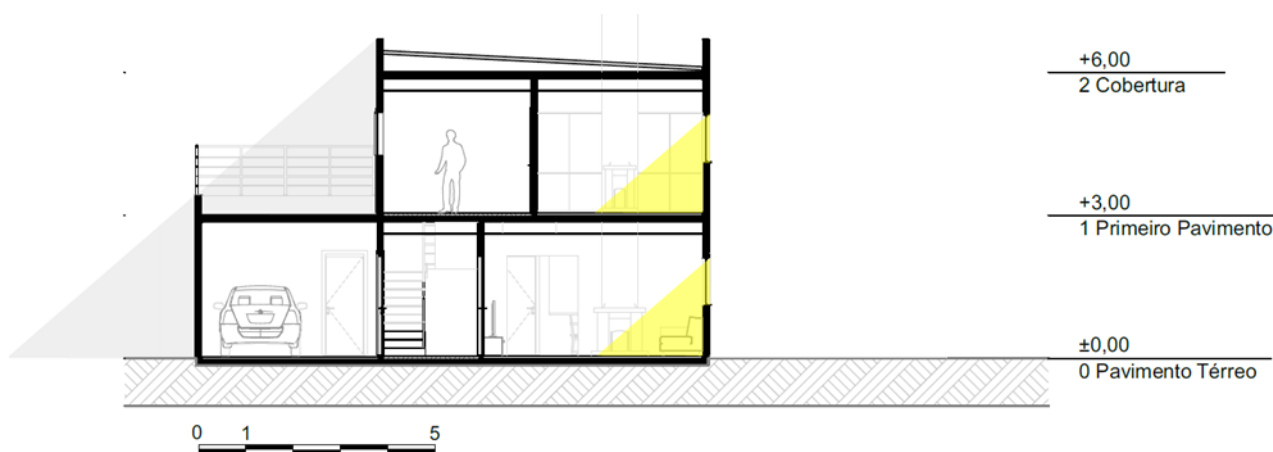


Figura 20. Corte longitudinal dia 21/jun (solstício de inverno).  
Fonte: os autores.

A Figura 21 apresenta as faces leste, norte e oeste da edificação, sendo a face norte a com mais aberturas, buscando maximizar os ganhos térmicos por radiação solar direta.

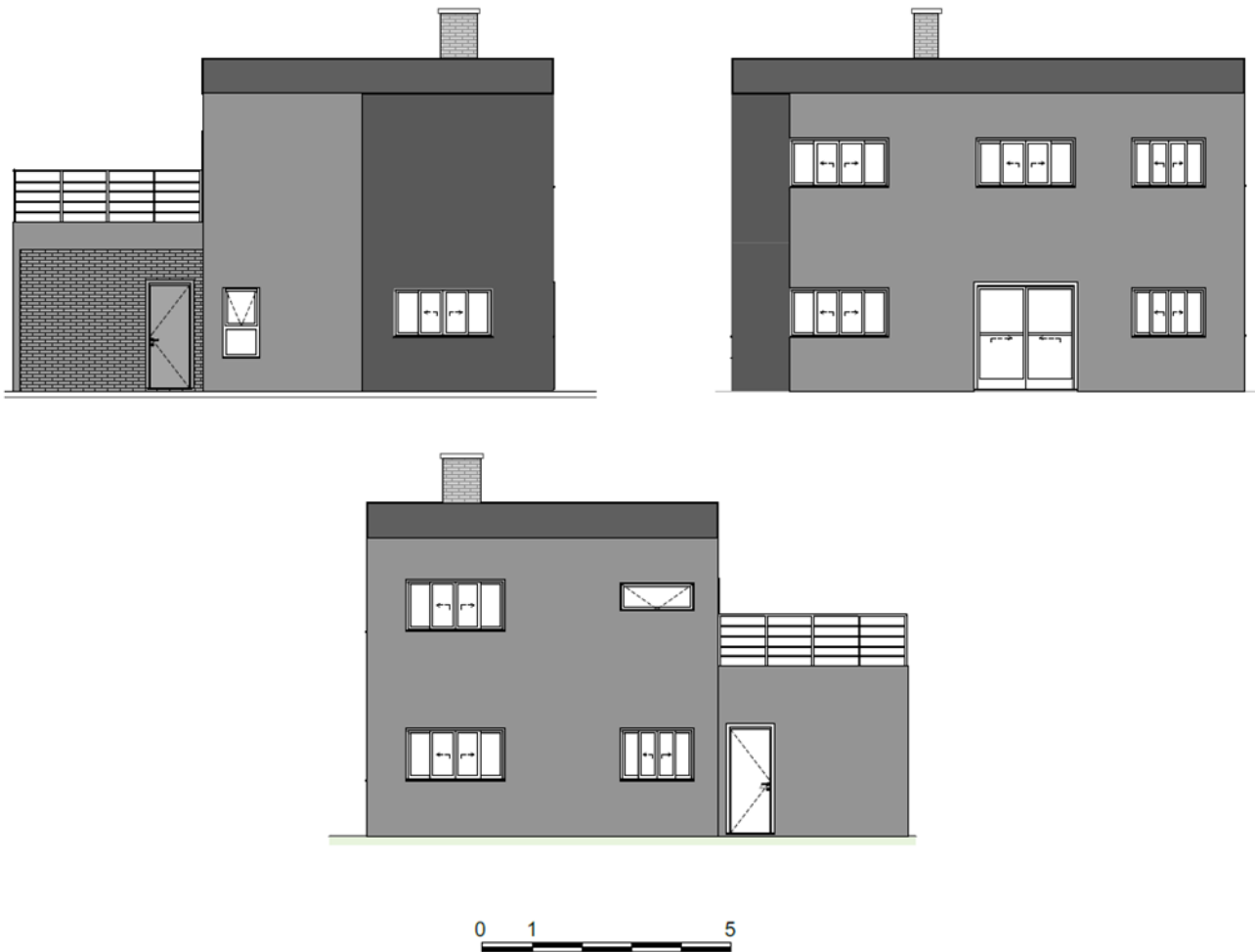


Figura 21. Elevações leste (esquerda), norte (direita), oeste (abaixo).  
Fonte: os autores.

Na Figura 22 são apresentadas perspectivas de diferentes pontos do entorno da edificação. Observa-se que o entorno imediato foi mantido livre de obstáculos à radiação solar e que a edificação não conta com marquises.



Figura 22. Perspectivas.  
Fonte: os autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo aplicar uma abordagem considerando o clima no processo de elaboração do estudo preliminar de uma habitação para o município de São Joaquim / SC. Como

resultado, obteve-se o estudo preliminar de uma edificação compacta, com envelope isolante, paredes internas pesadas e formulada de maneira a buscar tirar proveito do aquecimento solar passivo. Em linhas gerais, o resultado está em acordo com a NBR 15.220 (ABNT, 2005) e com a bibliografia pertinente (KRAMEL, 2021; DIAS *et al.*, 2022).

Como principal limitação da pesquisa, cita-se o fato de que não foi gerado um modelo do projeto para simulação computacional em programas para simulação térmica, como o EnergyPlus. A simulação computacional do comportamento térmico da edificação proposta poderia gerar dados cuja análise permitiria validar mais firmemente as decisões adotadas e realizar ajustes para otimizar as estratégias para condicionamento térmico.

Como trabalhos futuros, pretende-se colaborar para o aprimoramento contínuo da ferramenta de apoio e para a sua aplicação em estudos para edificações em diferentes contextos climáticos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT/CB-55. ABNT NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Mineração — Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água —. **ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Brasil, 2005. p. 16.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Thermal environmental conditions for human occupancy **ANSI/ASHRAE Standard - 55-2020**, United States of America, 2020. p. 81.

BRASIL SEM FRESTAS. **Brasil sem frestas**. 2013. Disponível em: <<http://caixadeleite-brasilsemfrestas.blogspot.com/p/sobre.html>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

CIDADE-BRASIL. **MUNICÍPIO DE SÃO JOAQUIM**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-joaquim.html#:~:text=Situado%20a%201%20350%20metros,%C2%B0%2056%201%20Oeste>. Acesso em: 30 maio 2023.

DIAS, K. G. A. et al. Avaliação da efetividade de uma ferramenta de apoio para o processo de projeto em arquitetura. In: (ANTAC, Ed.) **ANAIS DO XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC 2022 2022**, Canela, RS. **Anais...** Canela, RS: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2022.

EMBRAPA. **Embrapa pesquisa: climas**. [S. l.], 1988. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 5 jun. 2023.

FERNANDES, L. C. Diagramas de apoio ao projeto baseados na ideia do conforto térmico adaptativo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 11, n. 1, 2020.

FERNANDES, L. C. et al. Amplitudes térmicas diárias no estado de Santa Catarina e níveis de inércia térmica para habitações. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 129–487, 2021.

FERNANDES, L. C. **Antropo**, 2023.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15927-4Genebra, Suíça, 2005.

KRAMEL, C. **Inércia térmica para habitações unifamiliares nas diferentes regiões climáticas do estado do Paraná**. 2021. Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2021.

KRAMEL, C. et al. Amplitudes térmicas diárias no Estado do Paraná e Níveis de Inércia Térmica para habitações com baixo consumo energético. **Boletim de Geografia**, [s. l.], v. 39, p. 497–517, 2022.

LAWRIE, L. K.; CRAWLEY, D. B. **Development of Global Typical Meteorological Years (TMYx)**. 2022. Disponível em: <<http://climate.onebuilding.org>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

MARIN, Rejane Fontanive. **Geoprocessamento como ferramenta para a caracterização ambiental e subsídio para zoneamento agrícola no município de São Joaquim-SC**. 2022

MOREIRA, J. A. **Percepção Térmica em Habitações em Curitiba**. 2022. UFPR - Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2022.

MUNICÍPIO DE SÃO JOAQUIM. **GEOGRAFIA**. 2013. Disponível em: <https://www.saojoaquim.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/5157>. Acesso em: 30 maio 2023.

TEIXEIRA, P. S.; DE BEM, G. M.; FERNANDES, L. C. Projeto de uma habitação para o clima tropical (Aw) a partir de diretrizes obtidas dos diagramas antropoclimáticos. **Revista de Arquitetura IMED**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 17, 2021. Disponível em: <<https://seer.atitus.edu.br/index.php/arqimed/article/view/4640>>. Acesso em: 09 jun. 2023.