



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E HUMANAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Francisca Mariza de Carvalho

Projeto Residencial Sustentável no Semiárido: Uma Abordagem Bioclimática para
Orientação Arquitetônica em Pau dos Ferros/RN.

PAU DOS FERROS - RN

2024

Francisca Mariza de Carvalho

**Projeto Residencial Sustentável no Semiárido: Uma Abordagem Bioclimática para
Orientação Arquitetônica em Pau dos Ferros/RN.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador:

Prof. Dr. Eduardo Raimundo Dias Nunes.

PAU DOS FERROS – RN

2024

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

CC331 Carvalho, Francisca Mariza.
p Projeto residencial sustentável no semiárido:
uma abordagem bioclimática para orientação
arquitetônica em Pau dos Ferros/RN / Francisca
Mariza Carvalho. - 2024.
73 f. : il.

Orientador: Eduardo Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Arquitetura e
Urbanismo, 2024.

1. Arquitetura Bioclimática. 2. Conforto
Térmico. 3. Sustentabilidade. I. Dias, Eduardo,
orient. II. Título.

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

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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

Francisca Mariza de Carvalho

Projeto Residencial Sustentável no Semiárido: uma abordagem bioclimática para
orientação arquitetônica em Pau dos Ferros/RN.

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em ARQUITETURA E
URBANISMO.

Orientador: Dr. Eduardo R. D. Nunes.

Defendida em: 16/04/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO RAIMUNDO DIAS NUNES**
Data: 19/04/2024 10:28:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr Eduardo Raimundo Dias Nunes - UFERSA
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO DESIDERIO CARNEIRO**
Data: 19/04/2024 13:12:00-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Me. Leonardo Desiderio Carneiro - UFERSA
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
 **YURI DE SOUZA DUARTE**
Data: 20/04/2024 11:04:05-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Me. Yuri de Souza Duarte - UFRN
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Com emoção reflito sobre o fim desta etapa, que me faz olhar para trás e reconhecer que nada seria possível se não fosse pela presença de pessoas essenciais em minha vida. O sentimento de gratidão a estas pessoas que não me deixaram caminhar sozinha:

À minha amada mãe Marilene Carvalho, por todo cuidado e amor dedicado em todas as horas. Ao meu querido pai Éverton Carvalho, pelo apoio incondicional. À minha incrível irmã Maria Clara, pelo carinho, companheirismo e por me ouvir nos momentos que precisei.

Por toda paciência e empatia ao longo do trabalho, agradeço ao meu orientador, professor Eduardo Dias, além de seus valiosos ensinamentos e direcionamentos que conduziram a construção deste trabalho. Estendo os agradecimentos aos membros examinadores da banca, os professores Yuri Souza e Leonardo Carneiro, por todas as contribuições que aprimoraram o meu trabalho.

Ao meu prezado amigo Marcelo Reny, por acreditar nas minhas ideias e por sempre me incentivar e me apoiar em tudo. Aos amigos Carol Freitas e Felipe Cabó, que estiveram comigo nessa caminhada em que compartilhamos momentos e anseios.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao Pai Celestial, por me iluminar e guiar durante todos os momentos de dificuldade e por fazer me sentir mais forte e confiante perante obstáculos.

Gratidão!

Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda.

Mário Sergio Cortella

RESUMO

A arquitetura bioclimática vem ganhando espaço em discussões atuais por ser uma alternativa sustentável na construção civil, promovendo a redução do consumo energético das edificações e demais impactos ambientais causados pela indústria civil. O município de Pau dos Ferros/RN, pertencente a região semiárida, vem recebendo grande demanda na construção civil ao longo dos anos, por ter se tornado uma cidade polo entre os municípios circunvizinhos. A partir disto, surgem os questionamentos: como estratégias bioclimáticas incorporadas a uma edificação podem contribuir no projeto arquitetônico possibilitando aproveitamento máximo das condicionantes naturais nas edificações para este município? Propõe-se neste estudo destacar estratégias bioclimáticas pertinentes ao contexto do semiárido, tendo em vista a confecção de um guia de projeto que apresente diretrizes para a concepção de residências unifamiliares sustentáveis em Pau dos Ferros/RN. Destaca-se a importância deste estudo no sentido de cooperar com discussões de prospecção de projetos, contribuindo para que os profissionais da construção civil adotem medidas bioclimáticas na elaboração de projetos arquitetônicos, efetivando ainda uma arquitetura sustentável que satisfaça anseios de clientes e de toda a comunidade.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática, Conforto Térmico, Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Carta Bioclimática de Olgyay (1973).....	23
Figura 02. Carta Bioclimática adotada para o Brasil.	25
Figura 03. Carta bioclimática NBR 15220-3 (2005) adaptada de Givoni	29
Figura 04. Esquema do Planalto da Borborema e chuvas orográficas.....	32
Figura 05. Pintura que retrata a origem de Pau dos Ferros, autor desconhecido.	37
Figura 06. 22ª edição da FINECAP	38
Figura 07. Planta de layout da residência de estudo.....	44
Figura 08. Volumetria e cores das fachadas.....	46
Figura 09. Área de lazer.....	47
Figura 10. Medidor de estresse térmico utilizado, modelo TGD-200.....	49
Figura 11. Zoneamento bioclimático brasileiro, Pau dos Ferros/RN.....	54
Figura 12. Ventilação Cruzada	56
Figura 13. Proteção solar para sombreamento	57
Figura 14. Resfriamento evaporativo	58
Figura 15. Envelope de alta inércia térmica	59
Figura 16. Ventilação cruzada	63
Figura 17. Plantas abertas	63
Figura 18. Cobogó	63
Figura 19. Efeito chaminé.....	64
Figura 20. Pátio interno.....	64
Figura 21. Torre de vento	64
Figura 22. Marquises.....	64
Figura 23. Pérgolas.....	64
Figura 24. Orientação e vegetação.....	65
Figura 25. Teto jardim	65
Figura 26. Microclima local	65
Figura 27. Fontes de águas em pátios.....	65
Figura 28. Paredes verdes	66
Figura 29. Paredes e coberturas espessas.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Temperaturas e precipitações médias	33
Gráfico 02. Céu nublado, sol e dias de precipitação.....	34
Gráfico 03. Quantidade de precipitação	34
Gráfico 04. Velocidade do vento	35
Gráfico 05. Rosa dos Ventos.....	36

LISTA DE MAPAS

Mapa 01. Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	27
Mapa 02. Localização de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil.	31
Mapa 03. Mapa satélite de Pau dos Ferros/RN, dividido por setores censitários	42
Mapa 04. Localização da residência no setor censitário 44	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Dados de IBUTG Referentes a Residência.....	50
Quadro 02. Comparação de dados in loco com parâmetros normativos	51
Quadro 03. Classificação no nível de desempenho dos ambientes no dia típico de verão.	51
Quadro 05. Composições de paredes	60
Quadro 06. Composição de coberturas	62
Quadro 04. Técnicas de condicionamento térmico passivo	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Abertura para ventilação adequada a Zona Bioclimática 7	55
Tabela 02. Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para a zona bioclimática 7.....	55
Tabela 03. Transmitância térmica de paredes externas para a zona bioclimática 7	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

FACEP – Faculdade Evolução Alto Oeste Potiguar

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

IBUTG – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro Globo

IFRN – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

NHO – Norma de Higiene Ocupacional

NR – Norma Regulamentadora

UFERSA – Universidade Federal do Semiárido

UERN – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte

OMN – Organização Mundial de Meteorologia

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes

SINDUSCON-SP- Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 Conceitos fundamentais da Arquitetura Bioclimática	20
2 Bioclimatologia aplicada à arquitetura	23
3 NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações.....	27
4 Caracterização de Pau Dos Ferros/RN	31
4.1 Contexto Geográfico.....	31
4.2 Contexto Climático	32
4.3 Aspectos Socioeconômicos e Culturais.....	36
4.4 Desafios e Demandas Arquitetônicas no Contexto de Pau dos Ferros/RN	39
5 Análise do IBUTG: Avaliação térmica in loco	41
5.1 Residências Unifamiliares e Sustentabilidade Urbana	41
5.2 Seleção e Descrição da Residência	42
5.3 Avaliação dos Resultados e Impactos	48
6 Proposta para o Guia de Construção Sustentável para Residência Unifamiliar em Pau Dos Ferros/RN	53
6.1 Levantamento de Diretrizes Bioclimáticas	53
6.1.1 Tamanho de aberturas e tipos de vedação para a zona bioclimática 7	54
6.1.2 Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 7	56
6.2 Integração dos Componentes Construtivos Indicados.....	60
6.3 Considerações Técnicas e Tecnológicas	63
7 Considerações finais	67
7.1 Análise dos Resultados Obtidos	67
7.2 Contribuições para a Arquitetura Bioclimática no Semiárido	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

INTRODUÇÃO

A arquitetura possui a função primária de abrigo para o homem, e dentre outras especificidades, oferece condições favoráveis para o atender nas diversas demandas de atividades do seu dia-a-dia, além de compreender suas necessidades físicas e psicológicas, proporcionando qualidade de vida e bem-estar. Todavia, o desempenho ideal de conforto ambiental no interior das edificações é alcançado quando atende de forma satisfatória às exigências humanas, fazendo-se indispensável o estudo do conforto ambiental, com a finalidade de compreendê-lo e explorá-lo em seus diversos aspectos: térmico, acústico, visual, olfativo e tátil, garantindo a harmonia para o espaço construído.

Cada vez mais se aborda sobre o estudo relacionado ao conforto ambiental nas práticas projetuais de arquitetos e outros profissionais da construção civil, tornando-se relevante considerar a fase de concepção projetual, pois é neste momento em que as características climáticas e diversas informações relacionadas as necessidades humanas devem ser consideradas para se obter uma edificação confortável e eficiente do ponto de vista energético. Características externas como o clima local, associado às características térmicas dos materiais, são fatores que devem ser considerados para se obter respostas térmicas que gerem conforto nos espaços.

Com este entendimento, cabe ressaltar os preceitos da arquitetura bioclimática, que propõe um modo de construir que consiste no máximo aproveitamento de recursos naturais e condicionantes do clima local, integrando a edificação ao seu entorno, além de se obter conforto e eficiência energética (Neves, 2006). O uso de estratégias bioclimáticas, as quais, através de condicionantes naturais do próprio local, como orientação solar, ventilação e iluminação natural, garantem a redução do consumo energético no interior da edificação, ao mesmo passo que a falta de boas decisões projetuais afetam diretamente na eficiência energética dos imóveis.

Verifica-se elevado consumo de energia elétrica no Brasil, atualmente: segundo a EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2024), o consumo de energia no país atingiu 46.314 gigawatts-hora, em fevereiro de 2024, sendo 8% maior que há um ano. O gasto residencial de energia recebe principal destaque, e isto ocorre devido a quantidade de aparelhos e seu uso indiscriminado para suprir deficiências de conforto no interior da

edificação. A mesma empresa enfatiza sobre o aumento das temperaturas e fortes ondas de calor relacionado ao aumento também no número de vendas de ar condicionados e ventiladores.

O SINDUSCON-SP (2018) coloca que a eficiência energética para edificações ainda está distante no Brasil, e destaca fatores como: a ausência de norma técnica para o envoltório tendo em vista a economia de energia; códigos de obras municipais ineficazes para atingir eficiência; proliferação de aparelhos de ar condicionado com alto dispêndio de energia; elevado grau de informalidade na edificação de moradias para baixa renda; obrigatoriedade de eficiência apenas para edifícios públicos federais sem previsão de punição para o descumprimento dessa diretriz, entre outros. Tais colocações foram proferidas pelo professor Roberto Lamberts, da Universidade Federal de Santa Catarina, em workshop do *Energy Day*, em maio de 2018.

Tais fatores, associados à crescente demanda na construção civil e especulação do mercado imobiliário, são razões que contribuem para a baixa preocupação com a eficiência energética das edificações, pois na grande maioria das vezes ocorre o desprezo de estratégias bioclimáticas que devem ser consideradas desde as primeiras fases de projeto (Mello, 2017). É certa a afirmação de que quantidade não anula qualidade, porém, nem sempre ocorre a articulação entre ambas. Enveredando para o contexto do trabalho aqui tematizado, enfoca-se sobre o município Pau dos Ferros, localizado na região intermediária do Oeste do Rio Grande do Norte, que como cidade polo para a região do Alto Oeste Potiguar¹, vem recebendo grande demanda em construções civis.

No município, diante da ausência de um código de obras com técnicas e métodos que regulamentem a construção de forma que a aproxime do ideal de edificação com eficiência energética, é possível que ocorra descuido por parte das empresas construtoras quanto às condições climáticas da região. Tal problema é agravado quando associado às características climáticas da região – que tem por clima predominante o semiárido, caracterizado por altas temperaturas, chuvas escassas e mal distribuídas, com longos períodos de seca. Torna-se então um grande desafio para arquitetos e projetistas minimizarem estas asperezas do clima da região, revertendo em conforto térmico para o

¹ Designação popular para região que compreende a mesorregião do Oeste Potiguar, Região Nordeste do Brasil.

interior do edifício, gerando qualidade de vida para seus moradores e frequentadores. Destaca-se que projetar sem considerar de forma adequada os atributos climáticos do lugar, afetará o conforto térmico da edificação, levando ao consumo excessivo de condicionamento de ar para refrigeração dos ambientes. Vale ressaltar a importância de se estabelecer critérios de projeto que garantam uma arquitetura que mais se identifique com o lugar.

Aplicar soluções construtivas bioclimáticas nas moradias do município de Pau dos Ferros/RN incorporando ao projeto estratégias e recursos que permitam maior aproveitamento das condições favoráveis específicas do local, é de incontestável importância. Sendo assim, propõe-se neste trabalho uma arquitetura que proporcione, além de conforto interior, a redução do gasto energético do edifício como um todo. Tendo em vista os atributos do clima semiárido pertencente à localização de Pau dos Ferros/RN, chega-se a seguinte questão: como estratégias bioclimáticas incorporadas a uma edificação podem contribuir no projeto arquitetônico possibilitando aproveitamento máximo das condicionantes naturais nas edificações para este município? De forma subjetiva, esta questão norteia o completo desenvolvimento do presente trabalho.

Destaca-se que os elementos condutores para determinação desta temática partiram de interesses pessoais na pesquisa com foco na qualidade de conforto. Leva-se em conta também o atual cenário de construção civil da região, tendo como foco o município de Pau dos Ferros. Ressalta-se a necessidade de desenvolver um estudo que coopere com discussões de prospecção de projetos, no sentido de contribuir para que os profissionais da construção civil adotem a ideia da utilização de estratégias bioclimáticas na elaboração de projetos arquitetônicos, garantindo conforto e bem-estar aos seus moradores. Há ainda o interesse de fomentar a efetivação de uma arquitetura sustentável, que traga benefícios à sociedade, permitindo satisfazer ao máximo os anseios de clientes e de toda a comunidade.

O objetivo geral deste Trabalho Final de Graduação é desenvolver um guia de projeto para residência unifamiliar que integre princípios de arquitetura bioclimática, considerando as particularidades do semiárido e as demandas específicas de Pau dos Ferros/RN. O guia será projetado para auxiliar arquitetos, urbanistas e profissionais da área na concepção de edificações que otimizem o aproveitamento dos recursos naturais

e promovam o conforto ambiental. Como objetivos específicos, destacam-se: 1. **Levantar** as estratégias bioclimáticas aplicáveis em regiões semiáridas; 2. **Caracterizar** as condições climáticas e socioeconômicas de Pau dos Ferros/RN; 3. **Identificar** desafios e oportunidades para a implementação da arquitetura bioclimática na região; 4. **Publicizar** diante das estratégias bioclimáticas um guia construtivo para o semiárido em formato de livreto *online*, que apresente diretrizes específicas para a concepção de projetos sustentáveis.

Com o propósito de publicizar um guia construtivo direcionado para projetar no semiárido, foi confeccionado um livreto disponibilizado na plataforma *online Canva*, contendo técnicas arquitetônicas sintetizadas em tabelas, diagramas e ilustrações complementares, desde as tipologias de vedações externas, até estratégias de condicionamento térmico passivo que contribuem para a correção de deficiências de conforto em habitações. Para o desenvolvimento do guia foi realizado um estudo, que se classifica como pesquisa de natureza aplicada, tendo como intuito gerar conhecimentos aplicáveis a determinados problemas. A pesquisa classifica-se como qualitativa e quantitativa, quanto a sua abordagem, trazendo interpretações para acontecimentos partindo da análise de dados, além de atribuir explicações e demonstrar resultados quantitativos.

O estudo parte de uma revisão bibliográfica em livros, produções acadêmicas e fontes *online*. Investigou-se acerca de referências teóricas no sentido de explorar conceitos fundamentais acerca da arquitetura bioclimática (destacam-se os autores Roberto Lamberts, Luciano Dutra, Fernando Pereira do livro *Eficiência Energética na Arquitetura* (2014)), e, no geral, referentes às melhorias de conforto térmico no interior da edificação, desempenho térmico, eficiência energética e sustentabilidade, sendo estes inseridos no contexto do semiárido. A pesquisa se apoia nas contribuições acerca da bioclimatologia aplicada a arquitetura, desenvolvida ao longo dos anos por pesquisadores como os irmãos Olgyay (1973) e o arquiteto Baruch Givoni (1969), os quais formaram bases que sustentam diversas produções científicas na área.

Os dados geográficos e demais informações relativas ao município foram levantadas através de pesquisas em plataformas *online* de órgãos públicos como IBGE (2019) e IDEMA (2008). Os dados que constituíram a caracterização climática de Pau dos

Ferros foram extraídos do *website Meteoblue* (2014). A plataforma de pesquisa PROJETEEE (2005) e o *software Climate Consultant* 6.0 também foram utilizadas como forma de levantar estratégias construtivas pertinentes ao estudo. É importante citar ainda o *software* QGIS que contribuiu com a visualização, edição e análise de dados georreferenciados e auxiliou na produção e vetorização de mapas utilizados na produção do trabalho.

Ademais, com a finalidade de incorporar dados reais ao estudo, realizou-se um estudo de caso em uma residência unifamiliar localizada no município de Pau dos Ferros/RN. Esta residência é objeto de estudo inserido no contexto onde está sendo feita a investigação do trabalho e possibilitou realizar a avaliação de calor *in loco* e avaliação de seu desempenho térmico. Tais avaliações foram possíveis com o auxílio do medidor de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro Globo), conhecido também como medidor de estresse térmico, com o qual obtiveram-se resultados quantitativos que são posteriormente avaliados por meio de parâmetros estabelecidos em normativas. Além disso, foram realizados diálogos com moradores e levantamento fotográfico da edificação, para somar as análises descritivas.

Trazendo de forma sucinta o conteúdo dos capítulos que estruturam este trabalho, destacam-se nos dois primeiros o embasamento teórico, focando em apresentar os conceitos fundamentais referentes a arquitetura bioclimática e as contribuições de princípios da arquitetura bioclimática. No capítulo seguinte serão expostas orientações da NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para o zoneamento bioclimático brasileiro. O trabalho seguirá com foco na caracterização do município de Pau dos Ferros/RN, tratando sobre o contexto geográfico e climático, além de debater sobre aspectos socioeconômicos e culturais do município, bem como os atuais desafios e demandas no que diz respeito as construções civis da localidade.

O capítulo em sequência apresentará o estudo de caso realizado na residência unifamiliar de Pau dos Ferros, descrevendo os procedimentos feitos, levantamentos fotográficos, coleta de dados e avaliação dos resultados obtidos no estudo. O capítulo 6 aborda a proposta de elaboração do guia de construção sustentável para residência unifamiliar em Pau dos Ferros. O capítulo explana sobre as diretrizes bioclimáticas selecionadas para o guia, mostrando os direcionamentos construtivos estabelecidos em

normativas, os quais são essenciais para projetar de forma adequada seguindo preceitos de conforto térmico. O estudo finaliza-se no capítulo das Considerações Finais, o qual fará a síntese da pesquisa e sua contribuição para a produção projetual no contexto do semiárido e especificamente em Pau dos Ferros.

1 Conceitos fundamentais da Arquitetura Bioclimática

O decorrer deste capítulo irá dedicar-se a exploração de importantes conceitos e princípios relacionados a arquitetura bioclimática, conforto ambiental, conforto térmico, noções de clima e climatologia, entre outros, além de trazer contribuições históricas e informações que serão essenciais para a compreensão do presente estudo. Vale salientar que a principal referência utilizada é o livro *Eficiência Energética na Arquitetura*, de Lamberts *et al.* (2014).

A arquitetura sempre teve o importante papel tratando-se de respostas de Conforto Térmico e Eficiência Energética das edificações. É com esta finalidade que surge a denominada Arquitetura Bioclimática, que pode ser compreendida como um estudo que concilia as construções e o meio ambiente. O conhecimento sobre os atributos climáticos do local onde se planeja construir é de fundamental importância para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, sendo a condicionante climática do lugar uma contribuinte direta no desempenho térmico da edificação. É neste propósito que a Arquitetura Bioclimática surge, de modo a adequar a construção ao clima, gerando um ambiente confortável e eficiente energeticamente (Piassini, 2015, p. 13).

O ambiente construído deve ser pensado com o propósito de aproveitar ao máximo as condições externas e também proteger-se de suas asperezas. Estes princípios da Arquitetura Bioclimática se fundamentam historicamente, quando os nossos antepassados construíam abrigos para sobreviver, e a arquitetura cumpria papel de proteger os povos de regiões frias contra invernos rigorosos, utilizando-se de recursos naturais disponíveis, como energia solar e a água para aquecer (Corbella, Corner, 2010 *apud* Piassini, 2015, p. 13). Um exemplo disto foi a antiga Roma que adotou um estilo de vida autossuficiente, com manuais e técnicas que incluíam a reutilização de água, a distribuição dos ambientes acima dos banhos quentes, para aproveitar o calor solar e o calor que vinha dos próprios banhos. Além disso, cita-se também a estratégia de utilização de cores claras para refletir calor e escuras para absorvê-lo (Lamberts *et al.*, 2014, p. 9).

A arquitetura que se utiliza de recursos que o próprio ambiente dispõe e de técnicas tradicionais de uma região é chamada de Arquitetura Vernacular. Os métodos construtivos se adaptam ao clima e são próprios de construtores locais, passados de

geração em geração, não possuindo arquitetos e nem tecnologia específica. Também chamada de Arquitetura Popular ou Tradicional, por compreender procedimentos simples de construção, utiliza-se de elementos naturais (pedra, barro, madeira, gelo) e também muita habilidade e inteligência, possibilitando melhor isolamento térmico para a moradia. Para Lamberts *et al.* (2014, p. 8), a arquitetura vernacular ensina muitas técnicas, conceitos e princípios bioclimáticos e sustentáveis aplicáveis em edificações que busquem eficiência energética. O emprego de materiais simples e naturais que têm como produto final um abrigo que proporciona conforto a moradia é uma alternativa sustentável, que reduz impactos à natureza.

O modo de construir vernacular constitui-se também de estratégias bioclimáticas e são exemplos de sustentabilidade arquitetônica. Visando a necessidade do controle de acúmulo. Nas palavras de Lamberts *et al.* (2014) o entendimento do conceito de sustentabilidade como uma forma de desenvolvimento econômico, que emprega os recursos naturais e o meio ambiente para benefício das gerações futuras, pode ser aplicado também na construção civil. Percebe-se então a relação direta entre os métodos de construção vernaculares e estratégias bioclimáticas. A construção civil demanda de grande consumo dos recursos naturais para extração da matéria prima, além do gasto energético consumido na produção e transporte de materiais, os quais poderão ser reduzidos através de boas decisões projetuais (Lamberts *et al.*, 2014).

Nas palavras de Lamberts *et al.* (2014), o conceito de Conforto Ambiental é compreendido como um conjunto de condições ambientais que permitem bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico ao ser humano, citando ainda qualidade do ar e conforto olfativo. O clima é uma condicionante que varia em toda a região da Terra, e o ser humano é biologicamente parecido em todo o mundo. Através de mecanismos culturais como vestimentas, a arquitetura e a também a tecnologia, o ser humano consegue ser adaptável às diferentes condições climáticas a ele submetidas. Apesar de ser um conceito bastante vasto e que representa grande importância para a qualidade do ambiente construído, vale salientar que este trabalho irá debruçar-se apenas sobre o tema de conforto térmico.

De acordo com a ASHRAE (2005) *apud* Lamberts *et al.* (2014) conforto térmico é compreendido como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente que

envolve o homem, sendo considerado como Conforto Térmico a situação em que o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de determinado limite. Já que o calor gerado no ambiente é diretamente influenciado pelo nível de atividade física do usuário, faz-se importante ao arquiteto saber o nível de atividade que será desempenhada no interior do ambiente que está sendo pensado, de modo a dosar os fluxos de ar na premissa de conforto térmico para os usuários.

Antes de se elaborar o projeto arquitetônico, com a premissa de garantir conforto ambiental na edificação, faz-se necessário compreender a importância do estudo do clima e do local para que exista uma arquitetura voltada para fatores climáticos. Para o geógrafo alemão precursor da ciência meteorológica moderna, Wladimir Köppen (1948) *apud* Mello (2017, p. 11), o clima pode ser compreendido como o somatório das condições atmosféricas que fazem um lugar da superfície terrestre ser mais ou menos habitável para humanos, animais e plantas. É essencial entender sobre as zonas climáticas, pois a ação simultânea das variáveis climáticas, tais – radiação solar, nebulosidade, temperatura do ar, ventos e umidade absoluta e relativa do ar, terá influência no conforto do espaço arquitetônico construído.

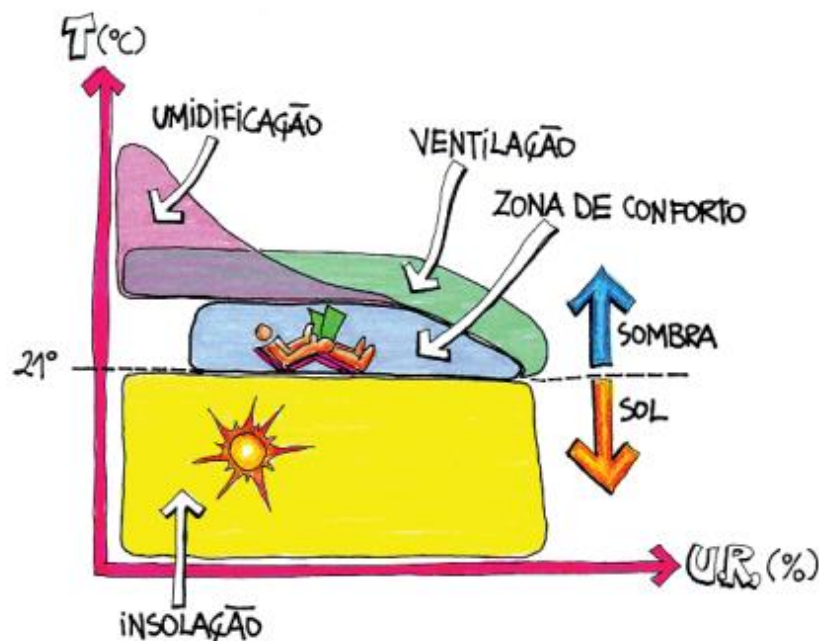
As Normais Climatológicas constam os dados climáticos mais difundidos do Brasil, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (1979) e Departamento Nacional de Meteorologia (1992), instituídas no Brasil obedecendo as recomendações da Organização Mundial e Meteorologia (OMM). Segundo o portal do INMET (2022), as Normais Climatológicas indicam características médias do clima em um local com base em dados observados de períodos de 30 anos. Estes dados são compostos por valores médios e extremos mensais de temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, horas de sol, entre outros. Os períodos de 30 anos de medições padronizados já concluídos no Brasil são os anos 1900 a 1930, 1931 a 1960, 1961 a 1990 (INMET, 2022). Vale ressaltar que existem dados de Normais Climáticas para centenas de cidades brasileiras, que na ausência de um estudo mais preciso, servem como análise climática do local de projeto.

2 Bioclimatologia aplicada à arquitetura

É importante compreender os efeitos dos fatores aqui expostos a respeito de clima, conceitos de conforto e estratégias de projeto que visam melhor integração entre usuário e clima, a relação com a arquitetura e sua influência da eficiência energética. É possível aplicar-se estratégias que tirem partido dos efeitos das variáveis climáticas ou que as evite. A outra forma, seria aplicando-se métodos e mecanismos artificiais de climatização e iluminação para o ambiente. Saber aliar sistemas naturais e artificiais avaliando custo/benefício para cada situação é uma solução plausível. Para aplicar-se estratégias naturais é imprescindível conhecer a Bioclimatologia, que significa estudos de clima (climatologia) com relação aos seres vivos (Olgyay, 1968).

Na década de sessenta, os irmãos Victor e Aladar Olgyay² aplicaram a bioclimatologia na arquitetura, com o objetivo de proporcionar conforto ao ser humano, criando a expressão “Projeto Bioclimático” (Olgyay, 1973). Eles também criaram um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima, o qual ficou conhecido como Carta Bioclimática de Olgyay, representada pela Figura 01.

Figura 01. Carta Bioclimática de Olgyay (1973).



Fonte: Lamberts *et al.*, 2014, p. 84.

² Renomados pesquisadores e precursores da área de conforto ambiental, e os primeiros a desenvolver estudos sobre a combinação entre a arquitetura e o meio ambiente (FERREIRA, 2015).

A carta Bioclimática de Olgyay desenvolve um diagrama bioclimático com a demarcação da zona de conforto térmico para o ser humano, a partir dos valores de temperatura e umidade do ar, além da temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo. A carta bioclimática produzida por Olgyay apresentou algumas limitações, pois aplicava-se apenas para condições externas. E, desse modo, em 1969, o arquiteto Baruch Givoni³ desenvolveu uma Carta Bioclimática que corrigia estas limitações, adaptada sobre a carta psicrométrica indicando estratégias construtivas que otimizam a arquitetura ao clima, além de relacionar as necessidades humanas ao microclima local. A carta de Givoni une valores de temperatura, amplitude e pressão do ar, e a partir dos dados climáticos plotados, permitindo ler técnicas para ajuste da temperatura.

Segundo o pesquisador e autor Amilcar Bogo *et al.* (1994, p. 12), as cartas bioclimáticas associam informações como o comportamento climático do entorno da edificação, as estratégias indicadas para correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação, a zona de conforto térmico do usuário. A carta original de Givoni passou por processos de melhorias após pesquisas ao longo do tempo e passou a considerar climas quentes. De acordo com esses estudos, obteve-se que nos países de clima quente e úmido os habitantes aceitavam limites de temperatura e umidade maiores que em outras regiões, sendo esta nova carta a mais indicada para o Brasil, já que nesta, os limites máximos de conforto da sua carta anterior foram expandidos.

A Figura 02 representa a carta bioclimática desenvolvida sobre um diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Aplicando-se os valores das variáveis para determinados períodos no ano climático de uma certa localidade é possível ter indicações fundamentais sobre estratégias bioclimáticas que poderão ser adotadas na edificação (Lamberts *et al.*, 2014). A carta bioclimática para países em desenvolvimento é dividida em 9 zonas bioclimáticas, conforme apresenta a Figura 02.

³ Importante arquiteto que buscou relacionar o homem, o clima e a arquitetura no livro “*Man Climate and Architecture*” (1969).

Figura 02. Carta Bioclimática adotada para o Brasil.



Fonte: Lamberts *et al.*, 2014, p. 86.

A partir da Carta Bioclimática de Givoni, representada na Figura 02, é possível compreender que a mesma apresenta a zona 1 de conforto térmico do usuário representada ao centro do diagrama em branco. As seis zonas: zona de ventilação; zona de resfriamento evaporativo; zona de massa térmica de resfriamento; zona de umidificação; zona de massa térmica para aquecimento e zona de aquecimento solar passivo, são as zonas de condicionamento passivo. E as 2 zonas de estratégias artificiais: zona de ar condicionado e zona de aquecimento artificial. Desta forma, plotando-se dados climáticas de uma localidade sobre a carta bioclimática, é possível obter-se a indicação de estratégias que buscam corrigir problemas de conforto para o usuário, apontando diretrizes adequadas ao desenho da edificação.

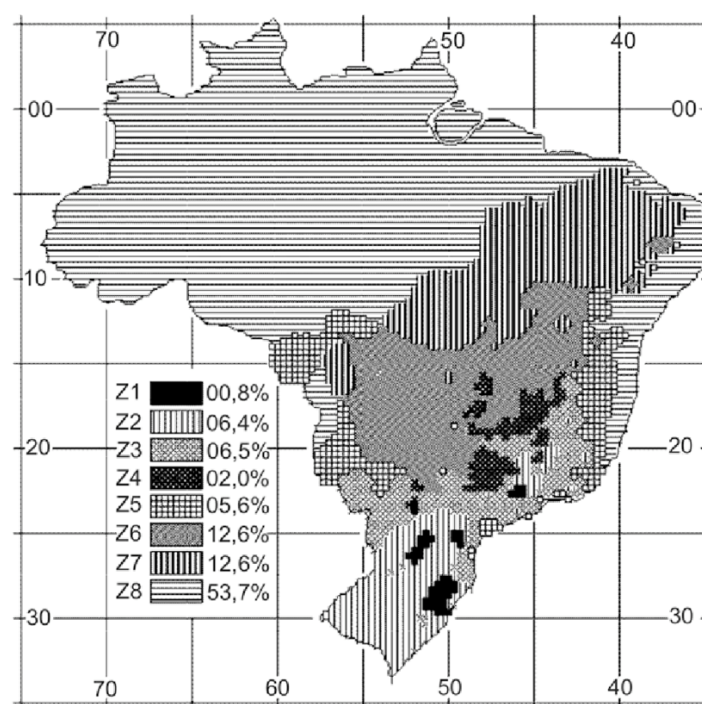
Nota-se, diante disto, a importância do estudo e utilização da carta bioclimática como forma de obter estratégias bioclimáticas viáveis e aplicáveis à produção projetual, adaptadas ao clima local, proporcionando conforto térmico em seu interior a partir dos dados climáticos da cidade onde se planeja construir. Vale salientar que no Brasil, como a maioria das cidades não possuem estações meteorológicas para a possível plotagem na carta bioclimática, utiliza-se o método de interpolação espacial para estimar dados com informações desconhecidas, considerando a tendência de que pontos próximos possuam valores semelhantes. Sendo assim, recomenda-se a utilização de dados climatológicos de

ciudades com condições de altitude e climas aproximados, para se obter as melhores estratégias a serem incorporadas ao projeto desta localidade.

3 NBR 15220-3: Desempenho térmico das edificações

O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido pela NBR 15220: Desempenho térmico das edificações – Parte 03: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005). Esta normativa categoriza o país em oito Zonas Bioclimáticas, as quais estão representadas no Mapa 01. Estas zonas bioclimáticas apresentam características climáticas relativamente homogêneas, e define diretrizes construtivas adequadas para cada uma delas, como tamanho de aberturas em janelas, tipo de proteção para janelas, tipo de vedação externa - como parede externa e cobertura; além de constar as estratégias bioclimáticas aplicáveis de condicionamento térmico passivo, como por exemplo formas adequadas de resfriamento da edificação.

Mapa 01. Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (2005).

De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o zoneamento bioclimático mostrado na Figura 03, foi confeccionado a partir de dados das Normais Climatológicas no intervalo de anos entre 1961 a 1990 em 206 cidades, além de dados de Normais Climatológicas a partir de outras fontes no mesmo intervalo de anos em 124 cidades, totalizando 330 cidades cujos climas foram classificados. Porém, por ser um número reduzido de cidades

com medições destes dados, as demais cidades foram estimadas pelo método interpolação. A norma destaca que são orientações construtivas direcionadas adequação climática de habitações unifamiliares, no entanto, poderá ser adaptada para outros tipos de edificações. As oito diferentes zonas bioclimáticas apresentadas no Mapa 01 possuem as seguintes características básicas, segundo Lamberts *et al.* (2014):

- A zona bioclimática 1 está localizada em locais de clima frio, incluindo cidades como Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão. Entre as principais recomendações, estabelece como estratégias bioclimáticas para esta região aquecimento solar e grande inércia térmica nas vedações internas.

- A zona bioclimática 2, inclui cidades como Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba, e possui as mesmas estratégias bioclimáticas da zona bioclimática 1, porém acrescenta a ventilação cruzada no verão.

- A zona bioclimática 3, incluindo cidades como Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba e outras, indica além das diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2, a utilização de paredes externas leves e refletoras e radiação solar.

- A zona bioclimática 4, compreende as cidades de Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos. Indica como principais recomendações o uso de aberturas médias, sombreamento necessário nas aberturas durante todo o ano, paredes pesadas e cobertura leve com isolamento térmico. Logo, como principais estratégias bioclimáticas, recomenda resfriamento evaporativo, inércia térmica para resfriamento, ventilação seletiva no verão, aquecimento solar e inércia térmica para vedações internas em período de frio.

- A zona bioclimática 5 inclui cidades como Niterói, São Francisco do Sul e Santos. Como principais recomendações construtivas indica a utilização de janelas de tamanho médio com sombreamento, paredes leves e refletoras, coberturas leves e isoladas termicamente, uso de ventilação cruzada no verão e de vedações internas pesadas.

- A zona bioclimática 6 incorpora as cidades de Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente, e como principais diretrizes construtivas indica o uso de aberturas

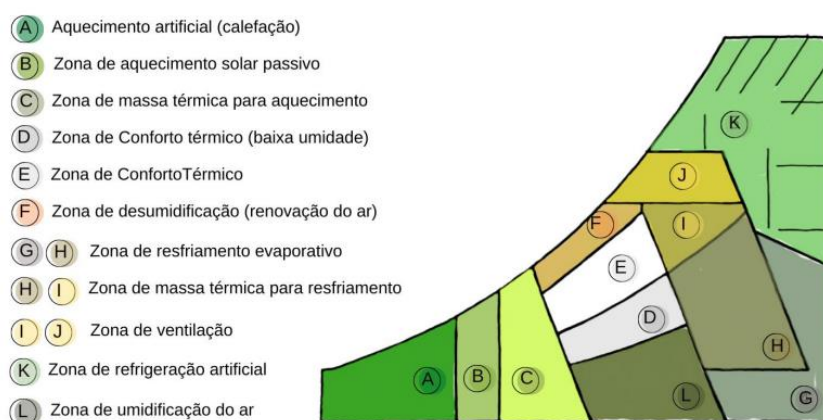
médias sombreadas, paredes pesadas, coberturas leves com isolamento térmico, uso de resfriamento evaporativo e de ventilação seletiva no verão e uso de vedações internas pesadas no inverno.

- A zona bioclimática 7, incluindo cidades como Teresina e Cuiabá, indica recomendações construtivas como o uso de aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, o uso de paredes e de cobertura pesadas e o uso de resfriamento evaporativo, de inércia para resfriamento e de ventilação seletiva no verão.

- A zona bioclimática 8, engloba a maior parte do território brasileiro, incluindo as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís e Vitória. Possui como principais diretrizes construtivas o uso de aberturas grandes e totalmente sombreadas, o uso de paredes e coberturas leves e refletoras e o uso de ventilação cruzada permanente durante todo o ano.

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) traz ainda a carta bioclimática, a qual está representada na Figura 03, que foi confeccionada a partir da carta bioclimática de Givoni. Deste modo, é possível a partir de dados climáticos de determinada localidade plotados nela, extrair estratégias bioclimáticas mais adequadas de acordo com sua zona pertencente.

Figura 03. Carta bioclimática NBR 15220-3 (2005) adaptada de Givoni



Fonte: SILVA (2022)

Verificam-se características distintas entre a carta bioclimática estabelecida pela NBR 15220-3 (2005) e a carta bioclimática de Givoni. Na primeira, o diagrama se divide

em 12 zonas bioclimáticas, que são representadas por letras, de modo que nesta, a zona de conforto térmico divide-se em duas áreas, representadas pelas letras “D” e “E”, sendo “D” uma zona de conforto térmico com baixa umidade. Ademais, estabelece-se a zona de desumidificação, e observa-se também que a zona de umidificação é bem mais abrangente na carta bioclimática proposta pela NBR 15220-3 (2005), do que na carta proposta para países em desenvolvimento, mostrada na Figura 02. Outro fato é que a zona de resfriamento artificial representada pela letra “K” é menos expressiva do que na carta de Givoni, e subdivide-se em uma área inferior simbolizada pela letra “G”, nomeada como zona de resfriamento evaporativo, juntamente com a letra “H”.

Observa-se que a região Nordeste compreende quatro dentre as oito zonas bioclimáticas estabelecidas na NBR 15220-3 (2005), que são a zona 5, zona 6, zona 7 e zona 8, as quais caracterizam-se de forma sucinta de acordo com a Eletrobras (2014) *apud* Silva (2022): a zona 5 por possuir clima com temperaturas amenas, já a zona 6 como as regiões localizadas em baixas amplitudes térmicas; a zona 7 por possuir clima com temperaturas quentes, sendo uma estação seca e outra chuvosa, com pouca variação de temperatura no decorrer do ano; e por último, a zona 8, que é caracterizada pelo clima quente e úmido. Este trabalho irá direcionar as diretrizes construtivas para a zona bioclimática 7, por englobar boa parte do semiárido, além de ser a zona a qual pertence o município em foco, que será tratado em capítulos posteriores.

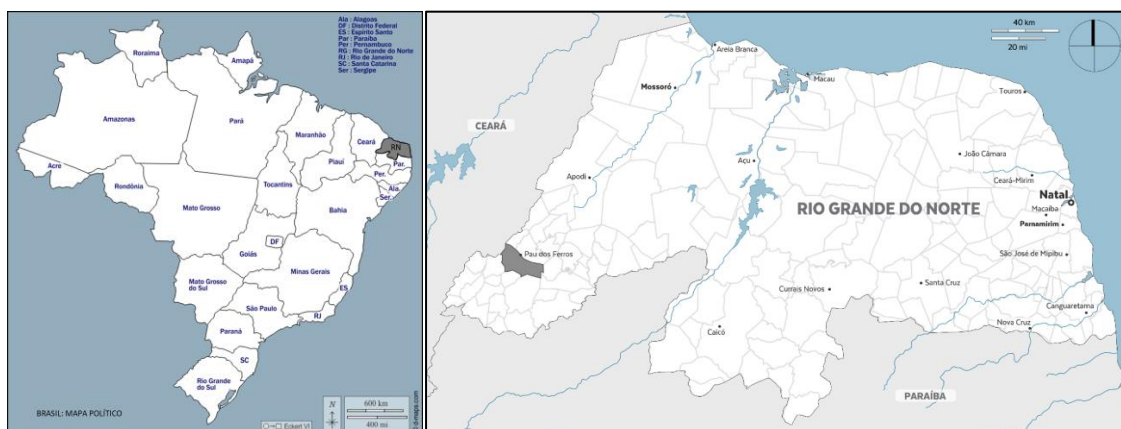
4 Caracterização de Pau Dos Ferros/RN

Neste capítulo será abordada a caracterização do município de Pau dos Ferros/RN, quanto ao seu contexto geográfico e climático, explanando sobre suas características físicas e climáticas, com dados meteorológicos extraídos da plataforma *web Meteoblue*. Posteriormente, o capítulo irá trazer caracterização do perfil do município quanto aos aspectos socioculturais e econômicos e por fim, irá discutir sobre os desafios e demandas arquitetônicas em seu contexto.

4.1 Contexto Geográfico

Pau dos Ferros/RN é um dos 167 municípios que constituem o estado do Rio Grande do Norte. Localiza-se na microrregião homônima e região geográfica intermediária do Oeste Potiguar (Mapa 02) formada por 07 Microrregiões subdivididas em 62 unidades municipais (IBGE, 2022). Possui população estimada em 30.479 habitantes, de acordo com o censo demográfico IBGE (2022). Limitando-se geograficamente às cidades: (Norte) São Francisco do Oeste/RN, Francisco Dantas/RN, (Sul) Rafael Fernandes/RN, Marcelino Vieira/RN, (Leste) Serrinha dos Pintos/RN, Antônio Martins/RN, Francisco Dantas/RN, (Oeste) Encanto/RN e estado do Ceará, é considerada um núcleo urbano para a região do Alto Oeste Potiguar, por desempenhar importante papel econômico, além de concentrar a oferta de serviços mais desenvolvidos em termos de educação, comércio e saúde. Pau dos Ferros, encontra-se a uma distância de 389 km da capital do estado, Natal.

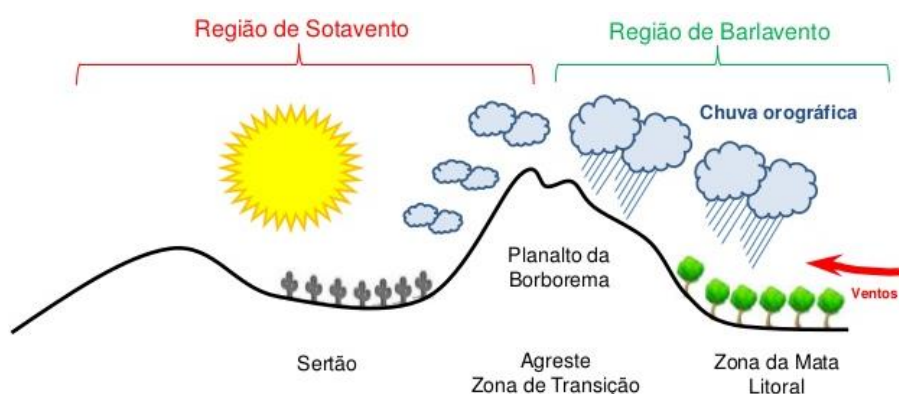
Mapa 02. Localização de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: D-maps adaptado pela autora (2023)

Em relação aos atributos geográficos de sua localidade, o município possui área total de 259,95 km² (IBGE, 2022), sendo 7,4616 km² de área urbana (IBGE, 2019). Situa-se a uma elevação vertical que demarca 193 m em relação ao nível do mar (altitude), com coordenadas geográficas delimitadas em latitude 6º 06' 33" (Sul) e longitude -38º 12' 16" (Oeste). De acordo com dados do IDEMA (2008), seu relevo é caracterizado por depressão sertaneja, possuindo terrenos baixos situados entre as partes altas do planalto da Borborema e da Chapada do Apodi. É importante ressaltar a influência que o relevo localizado na porção leste da Região Nordeste exerce sobre o clima do Sertão. Como mostra o esquema da Figura 04, o relevo do Planalto da Borborema funciona como bloqueio para os ventos quentes e úmidos do Leste, impedindo que as massas de ar avancem em direção ao interior, por isso alguns locais sofrem com a escassez de chuvas.

Figura 04. Esquema do Planalto da Borborema e chuvas orográficas



Fonte: Explicae (2024)

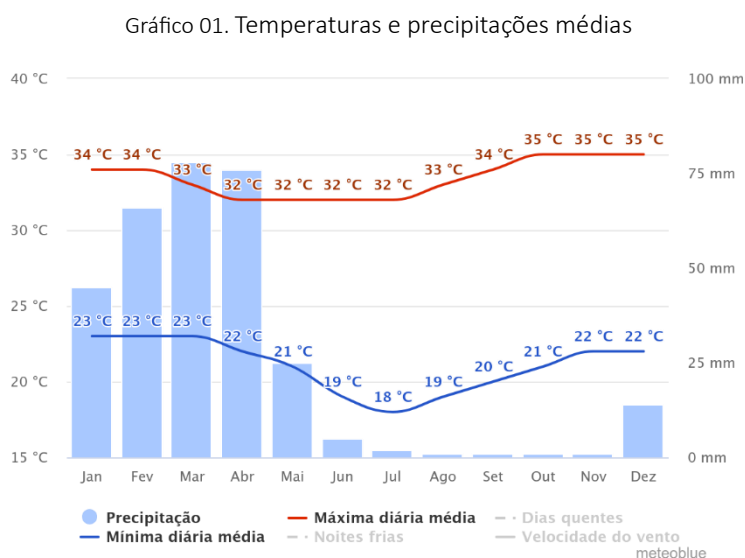
Sobre as características geomorfológicas, constata-se a predominância de formas tabulares de relevos, de topo plano, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano (IDEMA, 2008). Quanto à hidrologia, o município possui seu território inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi – Mossoró. Destaca-se ainda a presença de açudes públicos com capacidade de acumulação superior a 100.000 m³ de água (IDEMA, 2008).

4.2 Contexto Climático

O município de Pau dos Ferros tem como bioma a caatinga, e se insere na região do clima semiárido, que possui como principais características: baixa umidade, altas temperaturas, baixo índice pluviométrico, chuvas escassas, pouca amplitude térmica.

Através da plataforma *online Meteoblue* (2014) que dispõe de dados meteorológicos de todos os pontos da terra, foi possível analisar os gráficos de temperatura e precipitações médias, céu nublado, sol e dias de precipitação, quantidade de precipitação, velocidade do vento e rosa dos ventos. Estes dados meteorológicos trazidos pelos gráficos mostram resultados baseados em 30 anos de modelos climáticos.

O conhecimento sobre a temperatura do local onde se planeja construir constitui uma das etapas projetuais iniciais, pois esta irá determinar o tipo de envoltória, o tamanho das aberturas, os tipos de proteção, e entre outros. O gráfico das temperaturas e precipitações médias, trazido no Gráfico 01, mostra a média da temperatura máxima de um dia para cada mês para Pau dos Ferros, representado pela linha vermelha contínua (máxima diária média). Da mesma forma, a linha azul contínua representa a média da temperatura mínima, sendo possível observar ainda a quantidade média de precipitação em milímetros por mês. Como pode-se observar, as maiores médias de temperaturas ocorrem nos meses de outubro até fevereiro, meses em que se observam poucas precipitações até dezembro.

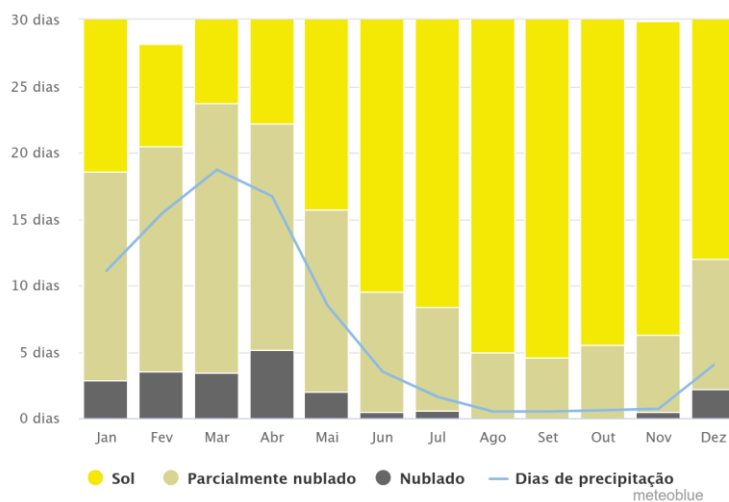


Fonte: (Meteoblue, 2014)

O Gráfico 02 tem como finalidade apresentar o número mensal de dias de sol, parcialmente nublados, nublados e de precipitação, considerando dias com menos de 20% de cobertura de nuvens como dias de sol, com 20-80% de cobertura de nuvens como parcialmente nublados e com mais de 80% como nublados (Meteoblue, 2014). Nota-se

que os meses que possuem mais dias de sol concentram-se entre agosto e novembro, e são também os meses em que não ocorre precipitação.

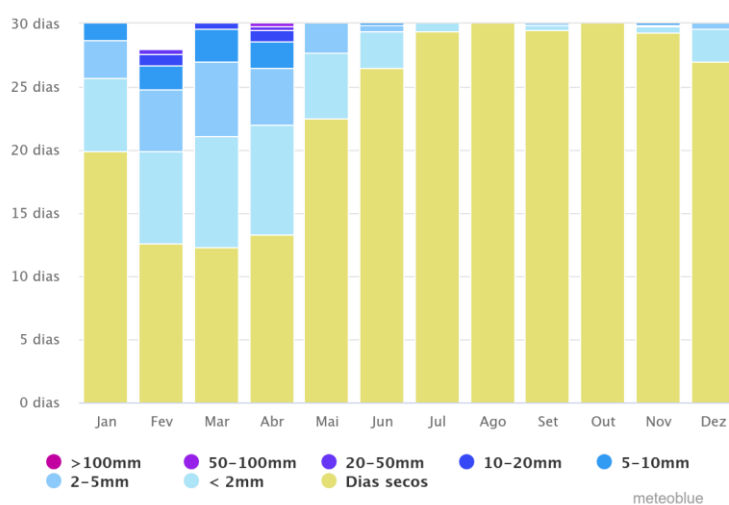
Gráfico 02. Céu nublado, sol e dias de precipitação



Fonte: (Meteoblue, 2014)

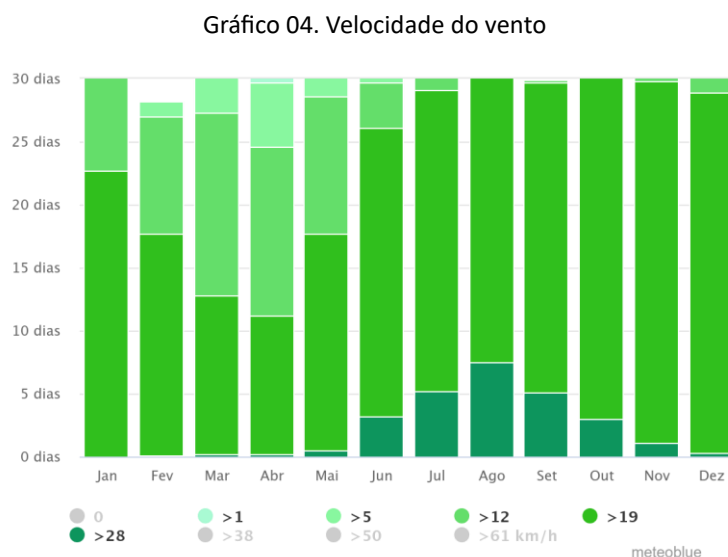
O gráfico de quantidade de precipitação apresentado pelo Gráfico 03 mostra a quantidade de dias por mês, em que determinadas quantidades de precipitação são atingidas. Como pode-se observar, os dias secos predominam nos meses, e são registrados durante todos os meses do ano, ocorrendo principalmente entre os meses de julho até novembro no decorrer do ano. Enquanto que de janeiro a maio, ocorre registros de precipitação e redução da quantidade desses dias secos.

Gráfico 03. Quantidade de precipitação



Fonte: (Meteoblue, 2014)

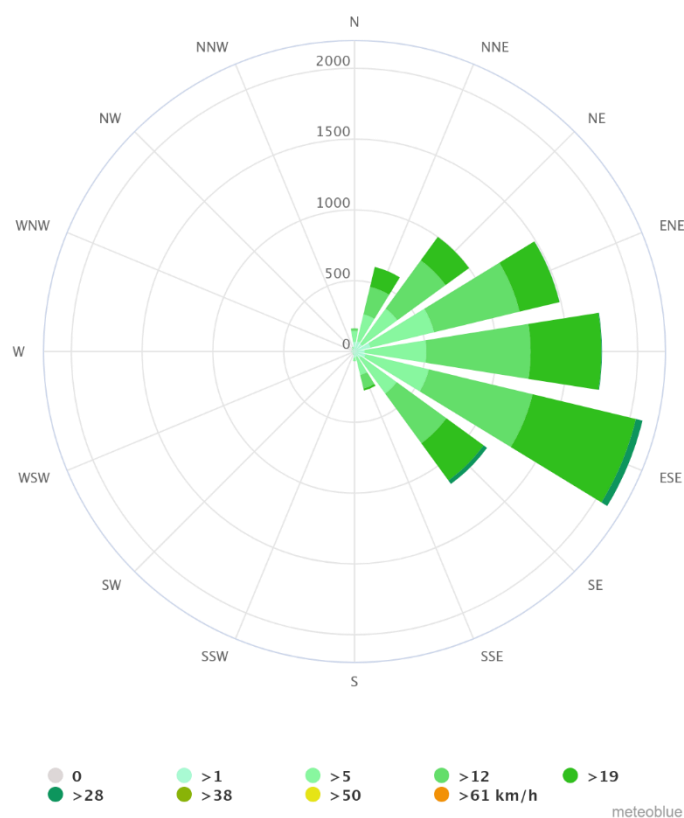
É importante ter conhecimento sobre os níveis de vento que a região pauferrense atinge, para isto, o Gráfico 04 apresenta informações de velocidade do vento, mostrando a quantidade de dias por mês em que o vento atingiu determinada velocidade em km/h. Neste gráfico, observa-se de forma predominante que a velocidade de ventos acima de 19km/h obteve a maior quantidade de dias durante os meses.



Fonte: (Meteoblue, 2014)

O próximo gráfico analisado é o da Rosa dos Ventos, que apresenta os dias por mês, durante os quais o vento atinge certas velocidades, além das regiões abrangentes. Estes dados revelam medidas para estudar e prever as condições do vento para o projeto. Na premissa de um bom projeto, deve-se prever proteção contra a penetração da chuva, já que a chuva acompanha a direção dos ventos. Grandes beirais ou varandas e o posicionamento das aberturas contrárias ao sentido da chuva nos telhados são exemplos a serem adotados (Projeteee, 2005). No gráfico Rosa dos Ventos trazido pelo Gráfico 05 observa-se a maior predominância de ventos ocorre na região ESE (LES-SUDESTE), atingindo predominantemente velocidades acima de 5km/h, 12km/h e 19km/h.

Gráfico 05. Rosa dos Ventos



Fonte: (Meteoblue, 2014)

4.3 Aspectos Socioeconômicos e Culturais

Pau dos ferros/RN tem sua origem datada no século XVIII (Pessoa, 2016), quando vaqueiros e viajantes que cruzavam o sertão se beneficiavam das margens do rio, que posteriormente foi batizado como Rio Apodi, e da sombra de frondosas árvores para descansar do seu longo e cansativo percurso de viagem. Conta-se que ao longo deste curso, foram desenvolvidos pontos de comércio gado, onde uma destacada Oiticica⁴ recebia marcações com ferro quente, que era usado para marcar o gado, criando-se zonas de comércio de gado- fato que denominou o nome Pau dos Ferros, como é retratado na Figura 05.

⁴ planta da família *Chrysobalanaceae*, endêmica na caatinga e na vegetação típica da faixa de transição entre o sertão semiárido do Nordeste e a região Amazônica (Mata dos Cocais).

Figura 05. Pintura que retrata a origem de Pau dos Ferros, autor desconhecido.



Fonte: Blog Cultura Pauferrense, Fernandes (2016)

Vale mencionar sobre o pioneiro da história do município - Francisco Marçal, fazendeiro que foi responsável por fundar uma fazenda para a criação de gado, e pela posterior construção de uma capela, em 1738, que veio a tornar-se matriz em 1756 com a criação de uma paróquia. Pau dos Ferros teve seu desenvolvimento dificultado com sua integração a vila de Portalegre, em 1761, que se distanciava 33 km de seu povoado. Foi somente no ano de 1856 que o povoado foi elevado à categoria de vila, desmembrando-se de Portalegre, com a resolução provincial nº 344. A vila torna-se oficialmente uma cidade em 1924, e sua emancipação política ocorre em 1956.

Como forma de manter viva a memória da cultura e história do município, foi criada em 1994 um evento que comemorava o aniversário da cidade, chamado originalmente como FECUM (Feira Cultural do Município) (Alves, 2014). O evento trazia a exposição de artesanato de algumas empresas locais, e sua estrutura e dimensões foram ampliando-se com o passar dos anos, com o aumento do interesse tanto da população como dos empresários.

A feira passou a se chamar FINECAP (Feira Intermunicipal de Negócios, Educação, Cultura e Turismo do Alto Oeste Potiguar), e continua a se realizar uma vez por ano e no mesmo local, que é a atual Praça de Eventos Nossa Senhora da Conceição, inaugurada em 2008, porém com maiores dimensões devido à grande divulgação e procura por parte de expositores e visitantes, o que exigiu maior estrutura e organização. É acrescentada também a realização apresentações culturais de escolas da cidade, grupos de teatro e

dança da região, além dos shows artísticos, que atualmente é o maior destaque da feira (ALVES, 2014).

Figura 06. 22ª edição da FINECAP



Fonte: Prefeitura de Pau dos Ferros (2018)

As instituições de Pau dos Ferros, tais como o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), o Banco do Brasil (BB) e a Caixa Econômica Federal (CEF), numa ação conjunta, trabalham em torno do empreendedorismo e colaboram para a realização da FINECAP, possibilitando, assim, o desenvolvimento econômico local. O evento conta ainda com patrocínios públicos e privados, e recebe pessoas não somente do estado do Rio Grande do Norte, mas também de estados circunvizinhos. Assim, a Praça de Eventos Nossa Senhora da Conceição, recebe função social, motivando especulações imobiliárias, desenvolvimento de atividades comerciais e de serviços em seu entorno (Conceição, 2021).

Percebe-se a intrínseca relação entre Pau dos Ferros e o comércio desde sua origem, o que exerce forte influência na economia até os dias atuais. O mercado informal representado principalmente pela feira livre, é considerado uma alternativa de trabalho e renda para a população local e cidades circunvizinhas. Da mesma forma, o mercado formal também oferece variados produtos e serviços que atrai pessoas de localidades próximas. No entanto, o que mais movimenta o fluxo de pessoas na cidade é a presença de universidades e instituições de ensino superior, como UERN, UFRSA, IFRN, e privadas, como a FACEP e Anhanguera. A implantação destas instituições é um fator que influencia diretamente no desenvolvimento econômico e social da cidade com tendência de aumentar, e a torna diferente das demais cidades de sua região.

4.4 Desafios e Demandas Arquitetônicas no Contexto de Pau dos Ferros/RN

O desenvolvimento urbano de Pau dos Ferros, bem como as dinâmicas da cidade são decorrentes principalmente da instalação e expansão de instituições de ensino superior, apontadas como o fator expressivo para o aumento da importância regional do município, e que também contribui para a especulação do mercado imobiliário. Como coloca Dantas e Silva (2011), a ampliação do ensino superior e técnico público e privado, exerce influência na dinamização da economia com destaque para serviços de hospedagem e alimentação e crescimento do setor imobiliário.

Sendo assim, observa-se que o fato de Pau dos Ferros ter se tornado uma cidade voltada para o ensino, acolhendo grande número de estudantes e profissionais que moram em cidades e estados vizinhos, aumentou a oferta de imóveis para aluguel, bem como a aquisição de terrenos para a construção da moradia própria, recebendo grande crescimento também no número de loteamentos simultâneo a valorização de terrenos localizados próximos a equipamentos públicos aquecendo a especulação com o solo urbano (Souza, 2022).

Enveredando este entendimento para a abordagem temática do presente estudo, diante dos pontos destacados neste capítulo sobre a caracterização climática do município e levando em conta também a crescente procura por construções sustentáveis, que reduzam o gasto energético nas edificações, vale salientar sobre os desafios que as empresas e profissionais da construção civil enfrentam no sentido de minimizar as asperezas do clima semiárido. Neste contexto, a busca por uma arquitetura que proporcione conforto ambiental térmico para seus moradores enfrenta problemas como a negligência de estratégias bioclimáticas e notável tendência em se projetar sem levar em conta a necessidade da construção em se adaptar as condições naturais que o lugar oferece.

Além disto, existe uma grande preocupação com problemas ambientais como a mudança de temperatura provocada pelo efeito estufa, esgotamento de recursos naturais e poluição ao meio ambiente. O uso vidro, por exemplo, é uma característica fortemente presente em fachadas de edifícios comerciais modernos, porém por ser um material com baixa resistência térmica, quando não protegido da maneira correta poderá gerar altos

ganhos solares no interior do ambiente (efeito estufa), necessitando de um exagerado consumo de energia para climatização artificial. A adaptação da arquitetura ao clima local é possibilitada a partir dos ensinamentos do modo de construir vernacular, que resgata a arquitetura tradicional, genuína, pura e isenta de estrangeirismos (Ferreira 1999 *apud* Lamberts *et al.*, 2014).

Cada decisão tomada durante a concepção de projeto irá influenciar sobre a qualidade final em desempenho térmico que a edificação irá oferecer. Para que o projeto tenha uma boa resposta em desempenho é elementar que estas decisões de projeto tenham apoio sobre análises de variáveis que envolvem a eficiência energética e o conforto ambiental e sobre as diversas alternativas em todas as etapas de projeto. Desta forma, enfatiza-se sobre a importância da conscientização do profissional em relação a uma série de aspectos que usualmente são negligenciados (Lamberts *et al.*, 2014).

5 Análise do IBUTG: Avaliação térmica in loco

Este capítulo discute a importância do pensar e projetar sustentável para o desenvolvimento urbano, relativo a residências unifamiliares. Trará ainda o estudo de caso referente a edificação unifamiliar localizada em Pau dos Ferros/RN, abordando discussões acerca de suas características construtivas e o quanto as decisões projetuais impactam em seu desempenho térmico.

5.1 Residências Unifamiliares e Sustentabilidade Urbana

O desenvolvimento urbano desordenado em decorrência da crescente demanda da construção civil vem causando problemas como o consumo excessivo de recursos naturais e vasta geração de produtos e resíduos nocivos ao meio ambiente (Santana, 2018). Estes problemas evidenciam a preocupação e necessidade de debates sobre a conscientização ambiental, os quais englobam questões políticas, econômicas e sociais, tornando um desafio equilibrar essa produtiva e lucrativa indústria com o desenvolvimento urbano sustentável.

Apesar de ser algo ainda pouco presente no Brasil, a ideia de construir de forma sustentável vem ganhando força ao longo do tempo, trazendo uma nova forma de pensar e projetar residências unifamiliares. É importante ressaltar que os custos iniciais de uma construção sustentável poderão ser maiores que o convencional, entretanto o retorno é compensatório devido a utilização de itens sustentáveis, na forma de redução do custo de manutenção operacional da casa, além do ganho da qualidade de vida dos moradores, sem contar ainda na redução da degradação ecológica causados pela obra (Santana, 2018).

As residências unifamiliares sustentáveis devem cumprir requisitos que visam reduzir os efeitos ao meio ambiente tanto durante a construção como depois de ocupadas. Fatores como a otimização de água e energia, as decisões plásticas, design e escolha de materiais que favoreçam o sistema bioclimático que atenda às necessidades de conforto térmico proporcionam melhor qualidade de vida para seus moradores e a sociedade geral. Neste sentido, torna-se cada vez mais viável ao desenvolvimento urbano, a arquitetura que reproduza conceitos sustentáveis e garanta a qualidade de vida para a população.

5.2 Seleção e Descrição da Residência

A residência selecionada para estudo foi executada em 2022 e situa-se na Rua Cristina Diógenes Nunes, no Bairro Paraíso, no município de Pau dos Ferros/RN. O Mapa 03 expõe o recorte do mapa satélite do município paufferrense, com sua divisão por setores censitários. A área em destaque no Mapa 04 corresponde ao setor censitário 44, o qual a residência supracitada pertence. É possível observar ainda a localização do imóvel em uma escala de melhor visualização no Mapa 04, que traz o recorte do referido setor, com o local da quadra e do imóvel.

Mapa 03. Mapa satélite de Pau dos Ferros/RN, dividido por setores censitários



Fonte: autora (2024)

Mapa 04. Localização da residência no setor censitário 44



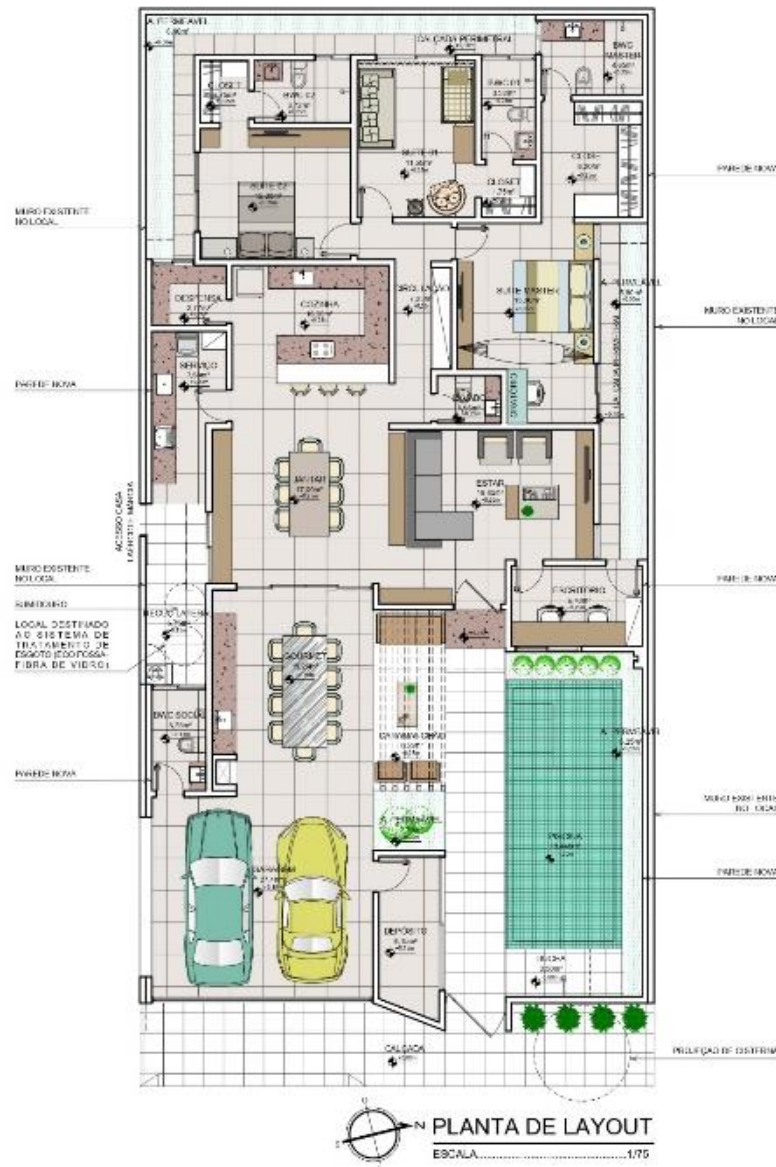
Fonte: autora (2024)

A justificativa de escolha da referida residência para a análise se deu, primeiramente, devido ao acesso ao projeto durante fase de execução, além de noções prévias sobre a presença de alguns elementos que teriam na residência, como: modos de sombreamento, presença de espelho d'água, aberturas. Por meio desta análise será atestado que, além das características construtivas incorporadas, consideradas como técnicas bioclimáticas, é importante checar no projeto a sua viabilidade, no sentido de aplica-las de forma estratégica para que elas cumpram o seu papel.

De acordo com o projeto arquitetônico da residência, a mesma possui área de $306,25\text{m}^2$ (sendo $12,80\text{m}$ de largura e $25,50\text{m}$ de comprimento), com taxa de ocupação de $75,03\%$ e taxa de permeabilização de $7,70\%$. O terreno é cercado por muro, possuindo recuos parciais de $1,00\text{m}$ a $1,50\text{m}$ de largura nas laterais e fundos, não possuindo recuo frontal. A edificação é térrea, apresentando $229,80\text{m}^2$ de área construída. A Figura 07 apresenta a sua planta de *layout*, estabelecendo a divisão das áreas social, de serviço e privativa, além da locação dos ambientes da residência, que são: garagem para 02 carros,

com área *gourmet* e lazer integrados; sala de estar, sala de jantar e cozinha integradas; área de serviço; escritório; lavabo; 03 suítes, sendo 01 suíte master.

Figura 07. Planta de layout da residência de estudo



Fonte: adaptado pela autora (2024)

Os atuais proprietários da residência relatam sobre o desconforto térmico durante o período do verão, e que fazem uso de equipamentos de refrigeração de ar nos dormitórios e escritório para suprir necessidades de conforto. Relatam ainda que os ambientes em que mais sofrem desconforto térmico são nas duas suítes que se situam aos fundos da residência. É importante observar a orientação da edificação em relação ao Norte geográfico, e sobretudo o percurso solar no decorrer do dia, levando em

consideração ainda a latitude do local. Segundo Lamberts *et al.* (2014), a radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edificações.

Em consonância com este entendimento, é importante destacar que a incidência solar no interior do imóvel pode ser desejável ou indesejável, a depender do ambiente que se trata é fundamental checar as coordenadas geográficas para garantir a insolação adequada para cada ambiente. Consta-se que as suítes posicionadas aos fundos da residência recebem forte incidência solar em suas faces durante o período da tarde por estarem direcionadas ao Oeste geográfico. Verifica-se ainda a existência de grandes esquadrias externas com vidro em ambas, permitindo a entrada de forte insolação no período mais quente do dia, que é a tarde (entre 12h e 16h), e por esse motivo recebem maior impacto de calor em seu interior.

As fotografias mostradas nas figuras que seguem, apresentam registros feitos no intervalo das 9:10 às 10:45 da manhã do dia 15 de janeiro de 2014, data em que foram realizadas avaliações de calor nos ambientes internos e externos da residência através do medidor de estresse térmico. Os registros fotográficos realizados durante a coleta de dados permitem destacar alguns elementos construtivos relevantes para o estudo e análise das condições de conforto oferecidas na residência. Estes elementos podem ser incorporados ao projeto arquitetônico gerando conveniência não apenas pelo aspecto estético, mas também funcional, pois podem proteger a edificação da incidência solar direta nas fachadas e também proporcionar a redução de ganhos térmicos em seu interior.

A Figura 08 apresenta a fachada de acesso à residência, e nela é possível fazer algumas observações. A primeira delas é com relação a utilização de cores claras na pintura da parede externa da residência, que neste caso utilizou-se a cor Branco Neve predominante na fachada. A utilização de cores claras em paredes externas é uma escolha adequada, pois possuem baixo valor de absorvência⁵ e consequentemente absorvem pouca radiação solar. A pesquisadora Kelen Dornelles (2008) enfatiza que limitando o ganho de calor através do envelope do edifício, é possível reduzir significativamente o consumo de energia com sistemas de refrigeração, o qual dependerá da intensidade da

⁵ Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. (Projeteee, 2005)

radiação solar incidente e da absorção desta superfície externa, característica normalmente associada à utilização de diferentes cores superficiais.

Figura 08. Volumetria e cores das fachadas.



Fonte: autora (2024)

Dornelles (2008) ressalta ainda que além da absorção do envelope, outras características influenciam no desempenho térmico da edificação: a espessura e materiais das paredes, além da orientação das suas aberturas, a possibilidade de sombreamento, e a ventilação que estas permitem em relação a sua localização e dimensionamento. Sobre a possibilidade de sombreamento, um outro ponto a ser observado no projeto é a própria volumetria da edificação, criando elementos arquitetônicos como marquises sobre os portões de acessos do muro e também da porta de acesso ao interior da residência e janelas. As marquises funcionam como protetores solares por proporcionarem sombreamento no envelope da edificação, evitando os ganhos solares sem prejudicar a iluminação natural propiciadas pelas aberturas (Projeteer, 2008).

Outros protetores solares são notados na Figura 08, como a presença de pérgolas e vegetação na área de lazer. Os pergolados, atuam como brises horizontais, favorecendo a passagem de ventilação e iluminação natural agradáveis através da ampla abertura. Além de controlar a penetração de radiação solar na área gourmet da residência, possui a função adicional de espaço de transição entre o interior e o exterior. O uso de vegetação é também um eficiente protetor solar, auxiliando no controle de incidência solar nos períodos mais quentes, além de ser uma solução versátil se tratando de folhas caducas, que sombreiam o sol do verão permitindo a incidência de sol de inverno no ambiente

(Lamberts *et al.*, 2014). Nota-se a importância de planejar as proteções necessárias às fachadas e aberturas.

Um outro elemento da área externa da residência é a piscina, como pode ser observada na Figura 09. A piscina residencial além de propiciar lazer de banho aos moradores e visitantes, é também uma solução arquitetônica que favorece o resfriamento do ar por meio do sistema evaporativo. Em regiões com baixa umidade relativa do ar (abaixo de 20%), a secura extrema ocasiona desconforto como ressecamento e desidratação. Neste caso, uma técnica eficiente é umidificar o ar através da evaporação da água de espelhos d'água próximo a edificação (Lamberts *et al.*, 2014). Esta técnica será mais eficiente em espaços abertos, na relação: quanto mais seco for o clima, maior será a aplicabilidade deste sistema. A evaporação se tornará mais rápida o quão maior for a área da superfície molhada e maior for a velocidade do ar.

Figura 09. Área de lazer



Fonte: autora (2024)

Os atributos construtivos presentes na edificação, aqui evidenciados e descritos, possuem a importante função de contribuir para a redução das temperaturas internas. Vale ressaltar que além destes elementos construtivos, outros fatores influenciarão no conforto térmico da residência, como as propriedades e espessuras dos materiais que compõem as vedações externas da casa, como é colocado por Dornelles (2008), bem como tamanho e orientação de aberturas para ventilação. Estes fatores devem somar-se

às boas decisões projetuais, que irão influenciar no conforto térmico adequado para o desempenho de atividades e permanência dos usuários nos cômodos. O próximo tópico irá descrever o procedimento para a avaliação térmica da residência através do uso do IBUTG.

5.3 Avaliação dos Resultados e Impactos

A avaliação de exposição ao calor é um importante estudo que irá determinar os limites toleráveis de calor a que o ser humano pode se submeter para realizar atividades de forma salubre. É um método usado principalmente para caracterizar ambientes operacionais. A avaliação é feita associando-se o Índice de Bulbo Úmido- Termômetro Globo⁶ (IBUTG), à uma determinada taxa metabólica (W) que corresponde ao nível de atividade desempenhada no ambiente. Os valores de taxa metabólica são listados e descritos na Norma Regulamentadora Nº 15 (NR 15) – Atividades e Operações Insalubres (Ministério do Trabalho, 2017). Cada taxa metabólica está associada a um limite de IBUTG, que também é trazido na norma e determinará se aquele ambiente oferece condições salubres de exposição ao calor para as atividades nele desempenhadas.

Como a própria definição da sigla sugere, o IBUTG refere-se a um índice e não a uma medida de calor propriamente dita. Tal índice utiliza valores três valores de temperatura: a temperatura de globo, que mede a temperatura do ambiente quanto ao calor radiante; a temperatura de bulbo úmido natural, que expressa a temperatura do ambiente quanto a umidade contida no ar; e, temperatura de bulbo seco, que corresponde a temperatura do ar medida por termômetro comum em um ambiente. As equações E.1 e E.2 demonstram os cálculos feitos para chegar ao valor correspondente ao IBUTG para ambientes externos e internos, respectivamente, de acordo com a NHO 06 – Avaliação da exposição ocupacional ao calor (FUNDACENTRO, 2002):

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,2 \text{ tg} + 0,1 \text{ tbs} \quad [\text{E.1}]$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad [\text{E.2}]$$

⁶ Equação que envolve temperatura do bulbo úmido ventilado naturalmente e a temperatura de globo. Em presença da radiação solar é necessário também a temperatura do ar. (Lamberts et al., 2011)

Sendo, t_{bn} = temperatura de bulbo úmido natural em °C; t_g = temperatura de globo em °C; e t_{bs} = temperatura de bulbo seco (temperatura do ar) em °C.

Para realização das avaliações de calor da residência selecionada, utilizou-se o medidor de estresse térmico digital portátil modelo TGD-200, como mostrado na Figura 10. Aparelho de fácil operação, composto por painel frontal e três sensores posicionados sobre uma base: Termômetro de Globo, Termômetro de Bulbo Seco, e Termômetro de Bulbo Úmido. O painel frontal do TGD-200 indica tanto as medições dos respectivos sensores de forma individual, como também o cálculo final da equação do Índice de Bulbo Úmido Termômetro Globo (IBUTG), para ambientes internos ou externos. A base dos sensores pode ser anexada ao painel frontal, e este conjunto pode ser também adaptado a um tripé (como mostrado na Figura 10) para facilitar o posicionamento do aparelho nos ambientes a serem medidos.

Figura 10. Medidor de estresse térmico utilizado, modelo TGD-200



Fonte: autora (2024)

Com exceção dos banheiros, closets e depósitos, todos os cômodos da residência, em especial os que indicam longa permanência como salas, quartos e escritório, ou serviço: cozinha e lavanderia, foram medidos. Além desses, a área externa da residência também foi medida para ser utilizada como parâmetro comparativo e realização da avaliação de desempenho térmico. As medições ocorreram no dia 15 de janeiro, durante a manhã, entre às 9:00 e 10:45- dia típico de verão: céu aberto com poucas nuvens. Os

procedimentos para a medição foram realizados de acordo com as recomendações da NHO 06 – Avaliação da exposição ocupacional ao calor (FUNDACENTRO, 2002).

Em cada ambiente, o equipamento ficou exposto às condições naturais e janelas abertas durante cerca de 5 minutos, em que foram verificadas a temperatura de globo, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido de forma individual, e em seguida, o valor final IBUTG. Para a avaliação externa, na área de lazer da casa, a avaliação foi realizada com incidência solar direta. Os dados coletados foram registrados e são expostos no Quadro 01.

Quadro 01. Dados de IBUTG Referentes a Residência

AMBIENTES	T. Globo	T. Bulbo Seco	T. Bulbo Úmido	IBUTG
Lazer (externo)	39,4	32,7	24,1	28,3
Área Gourmet	36,7	32,0	24,5	27,9
Escritório	32,8	30,9	24,3	26,7
Estar	31,5	30,7	24,5	26,5
Jantar	31,1	30,6	23,9	26,0
Cozinha	31,1	30,6	24,5	26,4
Serviço	32,1	32,1	24,2	27,1
Suíte Master	31,5	30,1	24,6	26,7
Suíte 01	30,3	29,6	24,7	24,4
Suíte 02	30,3	30,1	24,1	26,0

Fonte: Autora (2024)

A classificação das atividades de cada ambientes determinaram as taxas metabólicas de acordo com o Quadro 2- Taxa metabólica por nível de atividade, do anexo 3 da NR – 15 (Ministério do Trabalho, 2017): sentado em repouso - 100W; sentado, trabalho leve com as mãos – 126W; e em pé, trabalho leve com as mãos – 153W. Os dados de IBUTG verificados *in loco* foram comparados com os IBUTGs de limite máximo segundo parâmetros normativos e expostos no Quadro 02. É possível observar que todos os ambientes avaliados apresentam valores IBUTG abaixo do limite, e isto significa que os ambientes apresentam exposição de calor adequada para desempenho de atividades nele propostos.

Quadro 02. Comparação de dados in loco com parâmetros normativos

AMBIENTES	IBUTG (in loco)	Taxa metabólica	IBUTG (MÁX) (°C)
Lazer (externo)	28,3	100	33,7
Área Gourmet	27,9	126	32,5
Escritório	26,7	126	32,5
Estar	26,5	100	33,7
Jantar	26,0	100	33,7
Cozinha	26,4	153	31,6
Serviço	27,1	153	31,6
Suíte Master	26,7	100	33,7
Suíte 01	24,4	100	33,7
Suíte 02	26,0	100	33,7

Fonte: autora (2024)

A segunda avaliação realizada na residência foi a Classificação do nível de desempenho térmico no verão. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), o requisito para desempenho no verão é apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores ou iguais às condições do ambiente externo, à sombra para o dia típico de verão. O critério para esta avaliação é que o valor máximo da temperatura do ar no interior de ambientes de permanência prolongada, como salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Além disto, a norma recomenda os níveis intermediário (I) e superior (S) para maior conforto dos usuários, classificados conforme Tabela E.1 da norma. O Quadro 03 reúne os dados de temperatura máxima do ar coletados para os ambientes internos de longa permanência, e o ambiente externo como forma de comparação.

Quadro 03. Classificação no nível de desempenho dos ambientes no dia típico de verão.

Dados	Ambientes					
	Amb. Externo	S. Estar	S. Jantar	S. Master	Suíte 01	Suíte 02
T. máx (°C)	32,7	30,7	30,6	30,1	29,6	30,1
Diferença em relação à t. externa	-	-2	-2,1	-2,6	-3,1	-2,6
Nível de desempenho	-	Interm.	Interm.	Interm.	Interm.	Interm.

Fonte: Autora (2024)

Observa-se no Quadro 03 que os ambientes internos da residência apresentam temperatura máxima do ar inferior a temperatura máxima externa, obedecendo ao critério de classificação de desempenho intermediário. Os resultados da avaliação de exposição ao calor e avaliação de desempenho térmico da residência permitem afirmar que a edificação apresenta temperaturas adequadas, dentro de parâmetros normativos, para os horários avaliados. Contudo, cabe ressaltar que outros parâmetros, além da temperatura, devem ser levados em consideração e avaliados para que se possa afirmar que a residência apresenta conforto para seus moradores. Conforme mencionado no tópico anterior, os moradores relatam sobre o desconforto do calor.

Para compreender porque isso acontece, evidencia-se que as medidas de temperatura não são suficientes para expressar sensações térmicas do homem. Algumas variantes influenciam na sensação de calor, e não são medidas por termômetro comum, como: a umidade do ar no ambiente, a velocidade do ar e a radiação térmica. Em conjunto, tais valores são responsáveis pela diferença entre sensação térmica e temperatura, contribuindo para um maior ou menor desconforto térmico, mesmo que não se altere a temperatura do ambiente (Gonçalo, 2021).

Vale destacar que, embora sejam adotadas algumas técnicas bioclimáticas de sombreamento no projeto, como apresentado no tópico anterior (5.2), é importante verificar quais fachadas devem ser sombreadas para favorecerem ao conforto térmico da edificação. O Projeteee (2005) enfoca que as orientações leste e oeste recebem grande intensidade de radiação solar, sendo a orientação oeste sujeita ao pico de radiação. Deste modo, verifica-se na planta da residência (Figura 07) que as estratégias de sombreamento foram adotadas em fachadas orientadas à leste e norte, enquanto que a fachada oeste não recebeu nenhum tipo proteção solar. Qualitativamente tratando, isso implica bastante no desconforto térmico da edificação, devido a radiação intensa recebida nesta fachada. Como solução para este problema, o Projeteee (2005) indica técnicas de cores reflexivas, isolamento e/ou sombreamento para o caso desta fachada, levando em consideração também o tipo de clima da região.

6 Proposta para o Guia de Construção Sustentável para Residência Unifamiliar em Pau Dos Ferros/RN

Este capítulo apresentará o levantamento de métodos construtivos relevantes para o semiárido, os quais irão compor o Guia de construção sustentável. Confeccionado em formato de um livreto *online*, reúne informações de conhecimento sobre arquitetura bioclimática, zoneamento bioclimático, focando na zona bioclimática 7 quanto aos métodos e diretrizes construtivas, bem como suas técnicas e aplicações, além de destacar alguns projetos executados. Para visualizar o guia de forma *online*, acessar o *link*: https://www.canva.com/design/DAF_bRBzEdA/SPBGVKOw-btNfgKykVjYmw/view?utm_content=DAF_bRBzEdA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

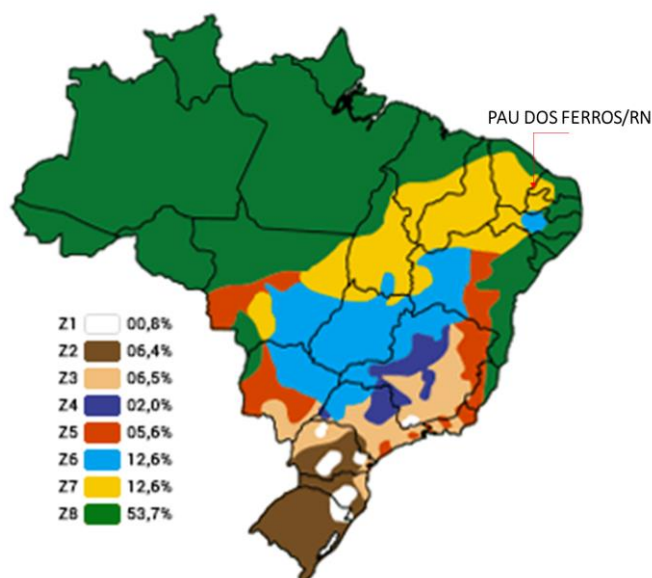
Ou através do *qrcode* abaixo para acessar pelo *smartphone*:



6.1 Levantamento de Diretrizes Bioclimáticas

Como abordado no Capítulo 3, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) divide o território brasileiro em 8 zonas bioclimáticas com base em suas características climáticas, como é mostrado na Figura 11. Para buscar as estratégias construtivas relevantes para Pau dos Ferros/RN, verifica-se que o município está inserido na zona bioclimática 7, como apresenta a mesma figura. Sendo assim, as diretrizes aqui tratadas serão direcionadas para corrigir deficiências de conforto em localidades pertencentes a esta zona.

Figura 11. Zoneamento bioclimático brasileiro, Pau dos Ferros/RN



Fonte: UGREEN adaptado pela autora (2024)

De acordo com a norma supracitada, devem ser adotadas as diretrizes construtivas: aberturas pequenas e protegidos por sombreamento; tipo de vedação externa: pesada, para paredes e coberturas; e, como condicionamento térmico passivo para a estação do verão são indicadas as estratégias: resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva (em períodos quentes em que a temperatura interna seja maior que a externa).

6.1.1 Tamanho de aberturas e tipos de vedação para a zona bioclimática 7

A Tabela 01 traz o parâmetro normativo para a definição de aberturas pequenas estabelecido na Tabela C.1 do Anexo C informativo da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que define que o tamanho da abertura de janelas deve possuir dimensões de modo que sua área se concentre entre 10% a 15% da área do piso de determinado cômodo da edificação. Na Tabela 02 são apresentados parâmetros normativos estabelecidos na Tabela C.2 que define valores para transmitância térmica⁷ em $W/m^2.K$, atraso térmico⁸ e horas (h) e fator solar⁹ em porcentagem (%) para a vedações externas consideradas pesadas.

⁷ Índice que mede o fluxo de calor transferido pela matéria.

⁸ Tempo em horas que leva uma diferença térmica.

⁹ Porcentagem de energia solar transmitida.

Tabela 01. Abertura para ventilação adequada a Zona Bioclimática 7

Aberturas para ventilação	A (em % da área do piso)
Pequenas	$10\% \leq A \leq 15\%$

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

Tabela 02. Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para a zona bioclimática 7

Vedações externas		Transmitância térmica – U (W/m ² .K)	Atraso térmico – ϕ (h)	Fator solar – FS _o (%)
Paredes	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

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

Além destes padrões determinados nas Tabelas 01 e 02, vale considerar os requisitos de adequações de paredes externas que apresentem transmitância térmica que proporcione desempenho térmico mínimo designado pela Tabela 13 da NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Estes critérios são determinados na Tabela 03, para a zona bioclimática 7, apresentando os valores máximos aceitáveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas, sendo α a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.

Tabela 03. Transmitância térmica de paredes externas para a zona bioclimática 7

Transmitância térmica U (W/m ² .K)	
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² .K)	
≥ 130	

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013) adaptado pela autora.

O requisito apresentado na Tabela 03 revela que, se a absorptância da superfície externa da parede possui valor menor ou igual a 0,6, é recomendado que esta parede possua transmitância global de até 3,7 W/m².K. Da mesma forma, caso o valor de absorptância ultrapasse 0,6, é recomendado que a parede admita transmitância de até 2,5

W/m².K. E, em todos os casos, a capacidade térmica¹⁰ da parede deve ser de no mínimo 130 kJ/m².K. É válido verificar as características dos materiais que revestem a parede, tendo assim o controle do valor global de transmitância, bem como do valor de absorvância à radiação solar da superfície externa da mesma. O anexo B informativo da NBR 15220-2 (ABNT, 2003) apresenta a Tabela B.2 com valores de absorvância à radiação solar para variados tipos de superfícies, até cores de pinturas externas.

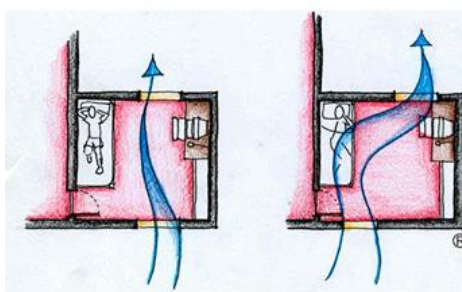
6.1.2 Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 7

São descritas, a seguir, estratégias de condicionamento térmico passivo para: ventilação natural, sombreamento, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento.

- Ventilação natural

De acordo com Lamberts *et al.* (2014), a ventilação natural é uma das mais importantes estratégias bioclimáticas para o Brasil, pois é amplamente pertinente no verão e também durante o ano todo como principal estratégia para grande parte das capitais brasileiras. A plataforma Projeteeee (2005) estabelece que a ventilação exerce três diferentes funções em relação ao ambiente construído, sendo elas: renovação do ar, resfriamento psicofisiológico e resfriamento convectivo. A chamada ventilação cruzada (Figura 12) é uma eficiente técnica de ventilação em um ambiente e ocorre com a disposição de duas aberturas em paredes opostas ou adjacentes, de modo que possibilite a passagem do fluxo de vento em direção oposta à sua entrada.

Figura 12. Ventilação Cruzada



Fonte: Projeteeee (2005)

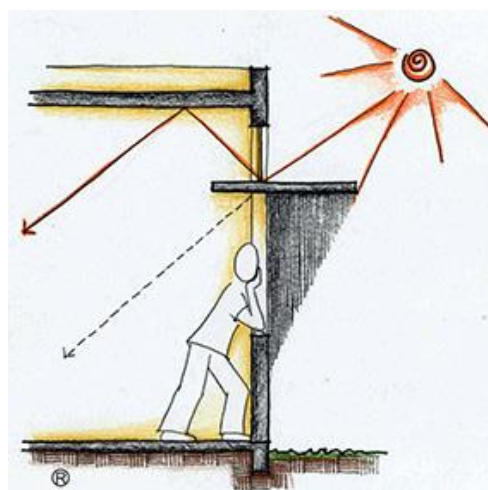
¹⁰ Quantidade de calor que deve ser absorvida ou cedida por um corpo para que ocorra variação de 1 °C

A ventilação cruzada favorece a redução e até mesmo a remoção do calor, através dos efeitos de pressão negativa e positiva que o vento exerce sobre a edificação, por acelerar as trocas por convecção. Isso contribui para a melhoria da sensação térmica dos usuários por elevar os níveis de evaporação. Vale salientar que a ventilação natural é eficaz para temperaturas de 20°C a 32°C, sendo a partir destes valores os ganhos térmicos por convecção funcionariam mais como aquecimento do ambiente do que como resfriamento. Lamberts *et al.* (2014) destaca ainda que entre as temperaturas de 27°C e 32°C a ventilação natural só é eficiente se a umidade relativa do ar tiver entre 15% a 75%. É importante ter conhecimento sobre a orientação dos ventos, na condição de que eles sejam desejáveis nos períodos quentes.

- Sombreamento de aberturas

Outra importante estratégia bioclimática é o sombreamento, que consiste na redução dos ganhos solares na edificação por meio de técnicas de proteção. Uma proteção solar projetada de forma adequada irá evitar ganhos solares em períodos quentes tanto do dia como do ano, sem obstruí-los no inverno e sem prejudicar a entrada de iluminação natural no interior da edificação (Projeteee, 2005), como é demonstrado na Figura 13. Segundo Givoni (1994) *apud* SILVA (2022), os ganhos solares ocorrem em maior proporção pelas aberturas do que pelas paredes e telhado, e sendo assim, conclui-se que quanto maior for a área das janelas e portas, maior será o aquecimento interno dos ambientes.

Figura 13. Proteção solar para sombreamento



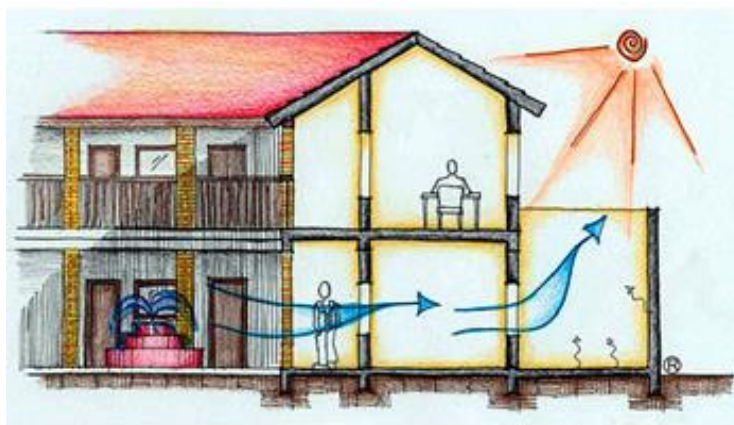
Fonte: Projeteee (2005)

Pode-se afirmar diante disto que nas regiões de climas mais quentes e secos, deve-se optar por aberturas menores, para que assim se evite a entrada excessiva de calor no ambiente. Quando possuir grandes aberturas de janelas, deve-se optar pelo sombreamento destas áreas através de dispositivos que reduzam a entrada de incidência solar no ambiente. Nas palavras de Romero (2001) uma boa opção seria a utilização de vegetação para proporcionar sombreamento, diminuindo os efeitos da radiação solar. Esta irá atuar como um filtro das radiações absorvidas pelo solo e pelas superfícies construídas, refrescando os ambientes próximos, sendo a própria folhagem das árvores exerce anteparos protetores das superfícies que se localizam imediatamente abaixo e nas proximidades.

- Resfriamento evaporativo

O resfriamento evaporativo compreende uma das mais antigas e mais eficientes técnicas de se refrigerar de forma passiva uma edificação em climas secos, bastante eficiente em localidades com climas que compreendem temperaturas elevadas. Nas palavras de Camargo (2003), o resfriamento evaporativo utiliza a evaporação da água para resfriar uma corrente de ar, sendo neste sistema a utilização de dois fluidos: água e ar. A ilustração trazida na Figura 14 demonstra o processo de resfriamento do interior da edificação que é feito através de fontes de água em pátios no entorno da edificação, ou por meio de pátios internos.

Figura 14. Resfriamento evaporativo



Fonte: Projeteer (2005)

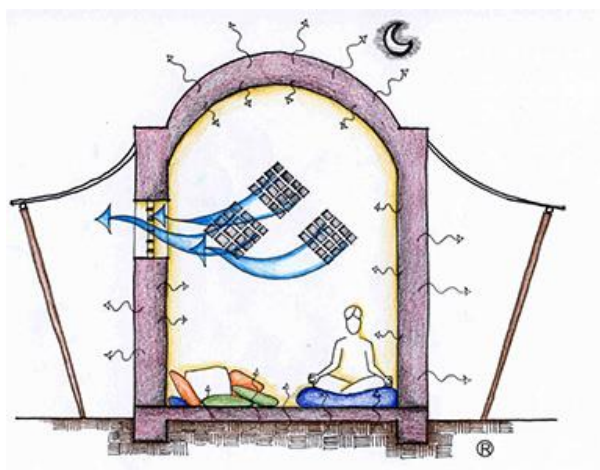
Quanto maior a área superficial da água e a velocidade do ar e menor for a umidade relativa do ar, maior será a taxa de evaporação em um espaço aberto. De forma

que, quanto mais seco for o clima, mais eficiente e aplicável será este sistema (Projeteee, 2005). Camargo (2003) ressalta ainda que em regiões secas, o aumento da umidade é benéfico e deixa de causar o desconfortável ressecamento que os sistemas convencionais proporcionam. Além disto, pode-se afirmar que o resfriamento evaporativo é um método de fácil manutenção, instalação e operação, promovendo baixo consumo de energia, e não agredindo o meio ambiente.

- Massa térmica para resfriamento

Segundo a plataforma Projeteee (2005), massa térmica refere-se à capacidade de um material de absorver energia térmica. Também chamada de Inércia térmica, seu uso é bastante importante para promover o controle das trocas térmicas nos ambientes. A inércia térmica da edificação depende das características da vedação da edificação, como o tipo de piso, parede e cobertura, que devem ser compostos por materiais geralmente densos, de elevada capacidade térmica. Além dela, as características térmicas do material vão influenciar na sua capacidade de absorver e armazenar calor. As propriedades térmicas devem ser levadas em consideração na seleção dos materiais, uma vez que material de alta admitância térmica¹¹ absorve e libera o calor rapidamente. A Figura 15 demonstra de forma esquemática as trocas de energia em um envelope de alta inércia térmica.

Figura 15. Envelope de alta inércia térmica



Fonte: Projeteee (2005)

¹¹ Capacidade de um material em absorver e armazenar calor. (Projeteee, 2005)

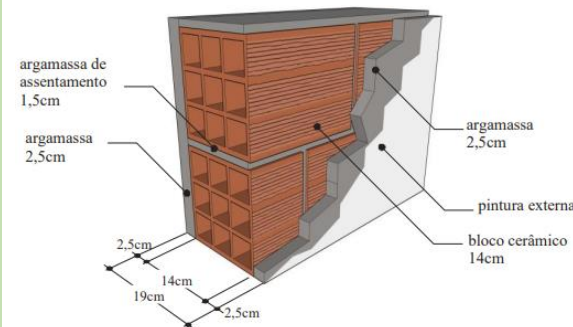
Quando bem orientada, não somente no verão, mas também no período do inverno, a alta capacidade térmica dos materiais de vedação da edificação é uma importante técnica que proporciona o conforto interno de modo a absorver calor, enquanto que em períodos de temperaturas mais baixas, atua de modo a manter a temperatura interna confortável, armazenando calor no decorrer do dia, para que seja liberado no período noturno. Isso porque quanto maior a inércia, mais tempo armazenado levará para ser liberado. Para isso, é preciso que a edificação se mantenha fechada no período diurno, reduzindo a entrada de calor, o que promoverá ar fresco durante o dia (Projeteee, 2005).

6.2 Integração dos Componentes Construtivos Indicados

A sequência deste estudo irá selecionar os componentes construtivos relevantes para construções sustentáveis pertencentes a zona bioclimática 7, tendo em vista as recomendações de tipo de vedações externas presentes no Anexo C da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Foram sintetizados os Quadros 05 e 06 que descrevem composições de vedações externas selecionadas a partir do Anexo Geral V, da Portaria INMETRO nº 50 (INMETRO, 2013) com valores admissíveis de transmitância e capacidade térmica de acordo com o requisito de adequação de paredes externas ditado pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Cada padrão apresentará uma ilustração esquemática identificando os materiais usados na composição do elemento construtivo parede ou cobertura, bem como suas respectivas espessuras, também listados na coluna direita, juntamente com valores finais de transmitância global e capacidade térmica.

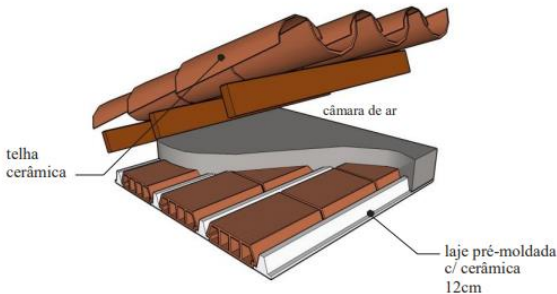
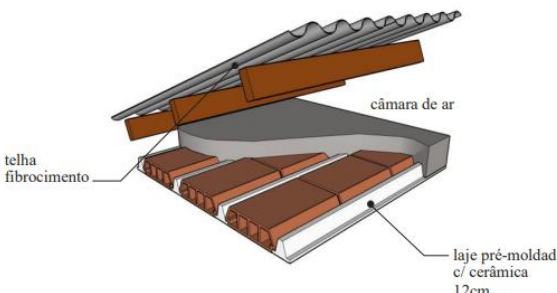
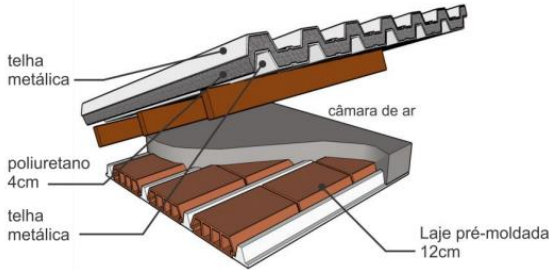
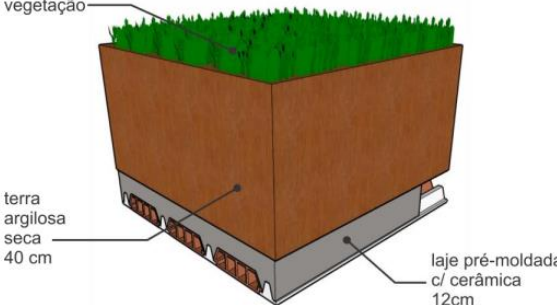
Quadro 04. Composições de paredes

PAREDE A		
	CAMADAS	
	Argamassa interna (2,5cm)	
	Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)	
	Argamassa externa (2,5cm)	
	Pintura externa (α)	
	U [W/(m²K)]	C_T [kJ/m²K]
	1,85	161

PAREDE B		
	CAMADAS	
	Argamassa interna (2,5cm)	
	Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)	
	Câmara de ar (2 a 5cm)	
	Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)	
	Argamassa externa (2,5cm)	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	1,25	195
PAREDE C		
	CAMADAS	
	Argamassa interna (2,5cm)	
	Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)	
	Argamassa externa (2,5cm)	
	Poliestireno expandido (8cm)	
	Placa de alumínio composto	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	0,32	134
PAREDE D		
	CAMADAS	
	Argamassa interna (2,5cm)	
	Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)	
	Lã de rocha (4cm)	
	Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)	
	Argamassa externa (2,5cm)	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	0,63	199

Fonte: Portaria INMETRO nº 50 (INMETRO, 2013) adaptada pela autora.

Quadro 05. Composição de coberturas

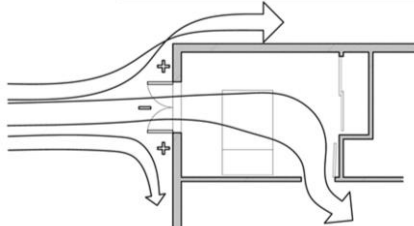
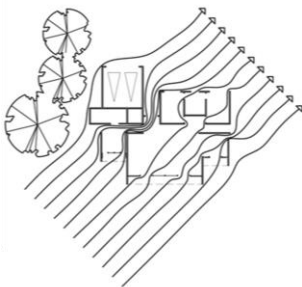
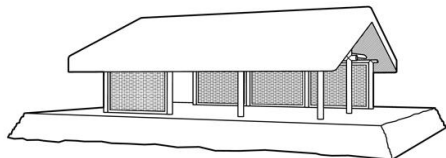
COBERTURA A		
 Diagrama de uma cobertura tipo A, mostrando uma laje pré-moldada com cerâmica, uma camada de argamassa e uma camada de cerâmica. Há uma câmara de ar entre a laje e a cerâmica.	CAMADAS	
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)	
	Câmara de ar (> 5,0 cm)	
	Telha cerâmica	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	1,79	185
COBERTURA B		
 Diagrama de uma cobertura tipo B, mostrando uma laje pré-moldada com cerâmica, uma camada de argamassa e uma camada de cerâmica. Há uma câmara de ar entre a laje e a cerâmica.	CAMADAS	
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)	
	Câmara de ar (> 5,0 cm)	
	Telha fibrocimento 0,8cm	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	1,79	180
COBERTURA C		
 Diagrama de uma cobertura tipo C, mostrando uma laje pré-moldada com cerâmica, uma camada de argamassa e uma camada de cerâmica. Há uma câmara de ar entre a laje e a cerâmica.	CAMADAS	
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)	
	Câmara de ar (> 5,0 cm)	
	Telha metálica 0,1cm	
	Poliuretano 4,0cm	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	0,53	176
COBERTURA D		
 Diagrama de uma cobertura tipo D, mostrando uma laje pré-moldada com cerâmica, uma camada de argamassa e uma camada de cerâmica. Há uma câmara de ar entre a laje e a cerâmica.	CAMADAS	
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)	
	Terra argilosa seca (40cm)	
	Vegetação	
	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
	0,90	738

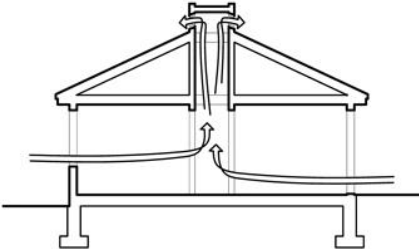
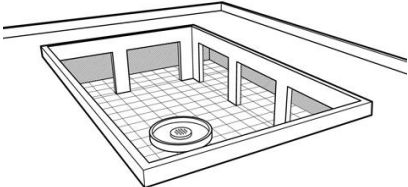
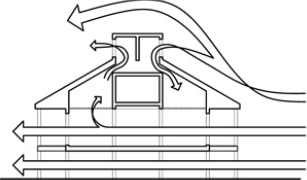
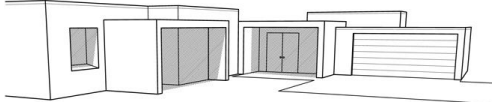
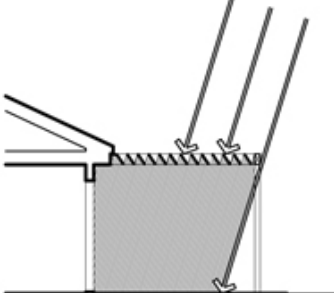
Fonte: Portaria INMETRO nº 50 (INMETRO, 2013) adaptada pela autora.

6.3 Considerações Técnicas e Tecnológicas

Neste tópico do trabalho, foram identificadas técnicas de condicionamento térmico passivo, para as diretrizes construtivas recomendadas pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para a zona bioclimática 7. O Quadro 04 indica métodos ou elementos construtivos favoráveis à ventilação natural, sombreamento de aberturas, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento. Cada método apresenta a sua descrição e ilustração esquemática representativa, em sua maioria extraídas do *software Climate Consultant 6.0*, com dados climáticos do município de Apodi/RN, já que este está inserido na mesma zona bioclimática que Pau dos Ferros/RN, além de ser a localidade mais próxima a possuir o arquivo de dados climáticos (.epw) compatíveis com a leitura do *software*.

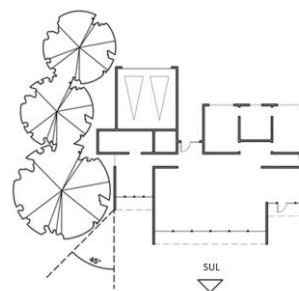
Quadro 06. Técnicas de condicionamento térmico passivo

VENTILAÇÃO NATURAL	
VENTILAÇÃO CRUZADA POR ESQUADRIAS A ventilação cruzada através de esquadrias ocorre quando aberturas em um determinado ambiente ou construção são dispostos em paredes opostas ou adjacentes, permitindo trocas constantes de ar dentro dos ambientes, além de diminuir consideravelmente a temperatura interna. (Pereira, 2020)	Figura 16. Ventilação cruzada  Fonte: Climate Consultant 6.0
PLANTAS ABERTAS Plantas abertas com poucas divisões permitem a criação de espaços mais fluidos com a circulação de ar entre os ambientes internos e entre estes e o exterior. Para isto, é importante atentar para que as divisões estejam em posições que ofereçam menor resistência ao fluxo de ar, usando as paredes internas para canalizar o movimento do ar. (Projeteee, 2005)	Figura 17. Plantas abertas  Fonte: Climate Consultant 6.0
COBOGÓ A utilização de elementos vazados originalmente em produzidos em cimento e tijolos, os quais permitem ventilação e iluminação natural nos ambientes, sem abrir mão da privacidade. (Alves, 2019)	Figura 18. Cobogó  Fonte: Climate Consultant 6.0

EFEITO CHAMINÉ São áreas ou torres abertas no centro do projeto que favorecem o efeito vertical de ventilação, fazendo com que ar frio exerça pressão sob o ar quente forçando-o a subir. Isto permite que o ar circule pelo ambiente, saindo pela cobertura, através de lanternins, aberturas zenitais ou exaustores eólicos. (Pereira, 2020)	Figura 19. Efeito chaminé  Fonte: Climate Consultant 6.0
PÁTIOS INTERNOS O pátio interno funciona como fonte de ventilação e iluminação natural. É importante atentar para que a orientação do pátio esteja a 45° em relação aos ventos predominantes, que é o ideal para que ocorra a ventilação no pátio e ventilação cruzada dos ambientes internos. (Projeteeee, 2005)	Figura 20. Pátio interno  Fonte: Climate Consultant 6.0
TORRE DE VENTO A utilização de torre de vento promove a eficiente ventilação natural funcionando tanto como captadoras quanto extratoras de ar, favorecendo a renovação do ar e conforto higrotérmico do ambiente. (Silva, 2020)	Figura 21. Torre de vento  Fonte: Climate Consultant 6.0
SOMBREAMENTO DE ABERTURAS	
MARQUISES A utilização de proteções horizontais prolongados a partir da própria edificação, favoráveis ao sombreamento das aberturas das fachadas norte e sul, quando o sol se encontra mais alto. (Projeteeee, 2005)	Figura 22. Marquises  Fonte: Climate Consultant 6.0
PÉRGOLAS O uso de conjunto de brises horizontais alinhados lado a lado. As pérgolas, ou caramanchões promovem um sistema de sombreamento bastante eficiente e que também favorece a circulação de ar através dele, reduzindo as transferências térmicas para o interior da edificação. (Projeteeee, 2005)	Figura 23. Pérgolas  Fonte: Climate Consultant 6.0
ORIENTAÇÃO E VEGETAÇÃO	

A vegetação pode ser utilizada como um eficiente elemento externo de proteção solar. Utilizando-se de árvores de copa larga que auxiliam no sombreamento até mesmo da cobertura. Em edificações residenciais, é necessário planejar sua localização de acordo com as dimensões e áreas de sombra para que protejam a fachada exposta a radiação oeste. (Projeteee, 2005)

Figura 24. Orientação e vegetação



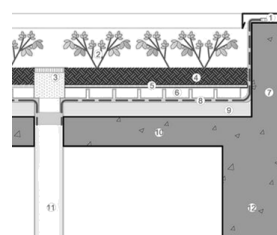
Fonte: Climate Consultant 6.0

RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

TETO JARDIM

Uma cobertura vegetal bem irrigada ocorre a dissipação de calor através do fenômeno de resfriamento evaporativo durante o verão. Além disso, a vegetação interceptará a maior parte da radiação recebida pela camada de terra da cobertura, fazendo com que o ganho de calor seja menor do que de uma cobertura convencional. (Projeteee, 2005)

Figura 25. Teto jardim



Fonte: Climate Consultant 6.0

MICROCLIMA LOCAL

A vegetação deve ser presente no entorno da edificação, sombreando-a através de árvores e arbustos. O microclima traz um grande benefício às condições de conforto da edificação. Sua condição de reter água, que através de processos naturais de convecção é evaporada provoca resfriamento pela diminuição da temperatura do ar. (Projeteee, 2005)

Figura 26. Microclima local

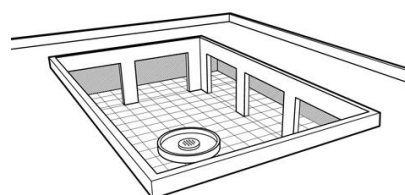


Fonte: Climate Consultant 6.0

FONTES DE ÁGUA EM PÁTIOS

O uso de fontes de água em pátios internos, é um recurso que favorece o resfriamento do ar pelo processo de evaporação, tornando-o mais denso e aumentando a pressão dentro do espaço. As aberturas voltadas para estes pátios fazem com que o fluxo de ar percorra livremente os ambientes. (Projeteee, 2005)

Figura 27. Fontes de águas em pátios



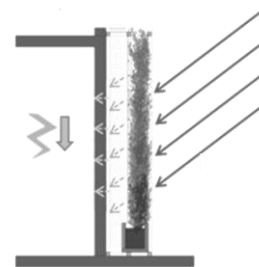
Fonte: Climate Consultant 6.0

MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO

PAREDES VERDES

Uma parede viva externa pode favorecer ao nível de eficiência energética, podendo reduzir os requisitos de aquecimento e resfriamento de um edifício. As plantas absorvem a radiação solar em torno de 50% como parte da fotossíntese, enquanto que 30% dos raios são refletidos, tornando-se um isolante adicional que pode reduzir as temperaturas internas em até 7º Celsius. (Moreno, 2019)

Figura 28. Paredes verdes

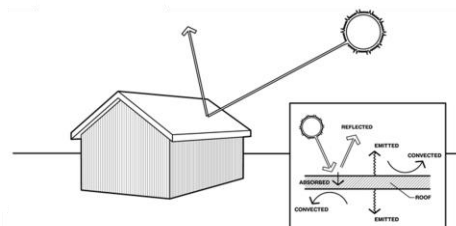


Fonte: (Moreno, 2019)

PAREDES E COBERTURAS ESPESSAS

O uso de componentes de elevada inércia térmica em todo o envelope do edifício (paredes, piso e cobertura) poderá reduzir os ganhos térmicos diários, ampliando a capacidade térmica e o atraso térmico, agindo como um absorvedor de calor. Este é armazenado durante o dia e reirradiado como energia térmica à noite. (Projetee, 2005)

Figura 29. Paredes e coberturas espessas



Fonte: Climate Consultant 6.0

7 Considerações finais

7.1 Análise dos Resultados Obtidos

O trabalho buscou enfatizar técnicas projetuais sustentáveis e viáveis para aplicação de construções residenciais no semiárido, especificamente para o município de Pau dos Ferros/RN, em que foi possível levantar dados geográficos, climáticos que o caracterizaram e permitiram buscar as melhores estratégias de projeto para o local. O decorrer do trabalho priorizou também políticas de conscientização e redução do consumo de energia, permeando a eficiência energética no ambiente construído, fator este pertinente para que a arquitetura bioclimática atinja seus objetivos.

Quanto aos resultados da avaliação de calor *in loco*, foi possível identificar e reconhecer as deficiências presentes no projeto da residência em estudo, e avaliar alguns índices de temperaturas, que apesar dos resultados quantitativos positivos obtidos, faz-se necessário ir além dos índices medidos e realizar outros parâmetros de medição suficientes para determinar o quão confortável a edificação é para seus moradores. O objetivo do trabalho foi alcançado com a essencial contribuição de ferramentas normativas, plataformas *online* e *softwares* relacionados a projetos bioclimáticos, principalmente a NBR 15220-3, o Projeteer e o *Climate Consultant*, que apresentaram apontamentos norteadores para o desenvolvimento do guia.

7.2 Contribuições para a Arquitetura Bioclimática no Semiárido

A região de clima semiárido é naturalmente quente, e caracteriza-se pelo predomínio de altas temperaturas durante todo o ano, além de baixos índices pluviométricos. Estas austeras características dificultam o trabalho dos profissionais da construção civil no sentido de proporcionar conforto térmico ao ambiente construído, o que torna a habilidade e conhecimento sobre bioclimatologia relacionada à arquitetura requisitos essenciais ao perfil destes profissionais. A arquitetura bioclimática, enquanto área de conhecimento, traz ao projetista novas possibilidades e desafios para a atuação profissional, exigindo um repertório teórico para embasar as suas escolhas, com parâmetros projetuais consistentes.

Neste pensamento, o presente trabalho embasa repertórios práticos para projetista, que além de questões estéticas de projeto, apontam a relevância dos detalhes técnicos e práticos que influenciam no conforto ambiental. No sentido da temática central abordada - a sustentabilidade e o conforto térmico para residências unifamiliares do semiárido – este trabalho buscou contribuir de modo a fomentar a discussão sobre prospecção de projetos arquitetônicos que se identifiquem com o lugar, além de incentivar para que os profissionais da construção civil adotem medidas e estratégias bioclimáticas em seus projetos.

Espera-se, diante disto, o estímulo em estudos futuros sobre bioclimatologia ligada a arquitetura, com a finalidade de trazer melhorias que colaborem ao modelo de projeto. Percebe-se, portanto, a valioso estudo nessa área, que irá cooperar tanto para a promoção da qualidade de vida de residentes do município, como também apoiar posteriores trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Ilanna Catharina Ferreira. **Feira como Atrativo Turístico: o Caso da FINECAP em Pau dos Ferros, RN**. 2014. 61 f. TCC (Graduação)- Curso de Turismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações** Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, p. 30. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais** Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, p. 71. 2013.
- ALVES, Bianca. **Cobogós: conheça a história e confira 11 projetos inspiradores**. 2019. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Decoracao/noticia/2019/04/cobogos-conheca-historia-e-confira-11-projetos-inspiradores.html>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- BOGO, Amilcar et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: [s.n], 1994. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimateologia.pdf Acesso em: 01.04. 2021.
- CAMARGO, José Rui. **Sistemas de Resfriamento Evaporativo e Evaporativo-Adsorativo Aplicados ao Condicionamento de Ar**. 2003. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2003.
- CONCEIÇÃO, Talhany Cris Ferreira da. Cultura, Feira de Negócios e Espaço Em Pau Dos Ferros, RN. **Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 11, p. 1-19, nov. 2021.
- Consumo de eletricidade sobe 8% em fevereiro, quarta maior alta desde 2004**. 2024. Disponível em: <https://noticias.r7.com/economia/consumo-de-eletricidade-sobe-8-em-fevereiro-quarta-maior-alta-desde-2004-29032024>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- DANTAS, Joseney Rodrigues de Queiroz Dantas; SILVA, Franciclécia de Sousa Barreto. A (re) organização sócio-espacial no Rio Grande do Norte e suas implicações para o alto

oeste: particularidades sobre Pau dos Ferros. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, ano XIII, nº 24, p. 35-44, dezembro de 2011, Salvador, BA.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EXPLICA.E. **Geografia - Introdução ao Pensamento Geográfico**. 2024. Disponível em: <https://conteudo.explicae.com.br/duvida/19901>. Acesso em: 12 mar. 2024.

FUNDACENTRO. **NHO 05**: Procedimento técnico de Avaliação de exposição ocupacional ao calor. 2 ed. São Paulo: Ministério do Trabalho, 2017. 50 p.

GONÇALO, José Geraldo. **O que é IBUTG? Entenda o significado da sigla**. 2021. Disponível em: <https://tecvent.com.br/o-que-e-ibutg>. Acesso em: 13 mar. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – PORTAL INMET. **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/normais-climatol%C3%B3gicas>. Acesso em: 5 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA- INMETRO. Anexo V. Anexo Geral V – **Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Anexo da Portaria: nº 50/2013.

LAMBERTS, Roberto et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. – Rio de Janeiro: Procel; 2014.

MELLO, Mario Fernando et al. **A Importância de Estratégias Bioclimáticas Aplicadas no Projeto Arquitetônico**. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 9-25. maio 2017.

METEOBLUE. **Dados históricos simulados de clima e tempo para Pau dos Ferros**. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/pau-dos-ferros_brasil_3392775. Acesso em: 20 fev. 2024.

MORENO, Thaienny. **Jardins verticais como recurso estético e solução termoacústica de baixo custo em ambientes internos e externos**. Rio de Janeiro, 2019.

NEVES, Letícia de Oliveira. **Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural**. 2006. 232 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NORMA REGULAMENTADORA N°. 15 – Anexo 3 da Portaria nº. 3.214 de 08 de junho de 1978. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normasregulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres> . Acesso em: 20 nov. 2017.

OLGYAY, Victor. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism-annotated**. New Jersey: Princeton University Press, 1963.

PEREIRA, Matheus. **Ventilação cruzada? Efeito chaminé? Entenda alguns conceitos de ventilação natural**. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/886541/ventilacao-cruzada-efeito-chamine-entenda-alguns-conceitos-de-ventilacao-natural>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PESSOA, Camila. CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, I., 2016, Campina Grande. **Pau dos Ferros: Uma cidade pequena com características de cidade média**. Campina Grande: 2016.

PIASSINI, Diógenes Júnior. **Conceitos da Arquitetura Bioclimática ligados ao Conforto Térmico e Eficiência Energética dos Edifícios**. 2015. 69 f. TCC (Graduação)- Curso de Pós Graduação em Eficiência Energética Aplicada Aos Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAU DOS FERROS. PIERRE. **22ª edição da FINECAP encerra com recorde de público**. 2018. Disponível em: <https://pauferros.rn.gov.br/informa.php?id=262>. Acesso em: 18 out. 2023.

PROJETEEE. **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**. 2005. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/projeteee/>. Acesso em: 18 out. 2023.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System, 2018.

- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Copymarket, 2000.
- SANTANA, Kleberson. **Projeto Sustentável de Residência Unifamiliar**. 2018. 29 f. TCC (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte, Manaus, 2018.
- SIDUSCON-SP. **Eficiência energética de edificações ainda está distante**. 2018. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/eficiencia-energetica-de-edificacoes-ainda-esta-distante/>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- SILVA, Orleci Ourives da. **ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA NO SEMIÁRIDO: Proposta de edificação residencial referência em Seabra-BA**. 2022. 155 f. TCC (Graduação)- Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2022.
- SILVA, Anne. ESTUDO DE TORRE DE VENTO: ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo | Paranoá**, Brasília, v. 3, n. 27, p. 37-58, maio 2020.
- SOUZA, Ronie. **A Expansão e a Interiorização do Ensino Superior no Brasil e o Desenvolvimento Regional: o Caso de Pau dos Ferros-RN**. In: MACEDO, Fernando Cezar *et al* (org.). **UNIVERSIDADE E TERRITÓRIO: ENSINO SUPERIOR E DESENVOLVIMENTO REGIONAL NO BRASIL DO SÉCULO XXI**. Brasília: Ipea, 2022. p. 231-253.
- FERNANDES, Israel (ed.). O nome da minha cidade é Pau dos Ferros. **Blog Cultura Pauferrense**. Pau dos Ferros, 22 abr. 2016. Disponível em: <http://culturapauferrense.blogspot.com/2016/04/o-nome-de-minha-cidade-e-pau-dos-ferros.html>. Acesso em: 18 out. 2023.