

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEMIÁRIDO: REVISÃO DA LITERATURA SOBRE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES

BIOCLIMATIC ARCHITECTURE AND ENERGY EFFICIENCY IN THE SEMIARID: A LITERATURE REVIEW OF SUSTAINABLE SOLUTIONS IN BUILDINGS

Leonardo Stalone Melo dos Santos¹

Me. Filipe Valentim Afonso²

Ma. Larissa Duarte Galvão³

Ma. Yanna Karla Garcia Silva⁴

RESUMO

Este trabalho analisa a arquitetura bioclimática e a eficiência energética no semiárido brasileiro através de uma revisão bibliográfica qualitativa de 38 estudos recentes. O objetivo é sistematizar soluções sustentáveis para edificações regionais. Os resultados destacam estratégias fundamentais como sombreamento, alta inércia térmica e ventilação seletiva. Conclui-se que a integração de técnicas vernaculares, com simulações digitais modernas, promove a resiliência climática e reduz o consumo energético, valorizando a identidade regional. **Palavras-chave:** Arquitetura Bioclimática; Semiárido nordestino; Estratégias passivas; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study analyzes bioclimatic architecture and energy efficiency in the Brazilian semiarid region through a qualitative bibliographic review of 38 recent works. It aims to systematize sustainable solutions for regional buildings. Results highlight essential strategies such as shading, high thermal inertia, and selective ventilation. The study concludes that integrating vernacular techniques, with modern digital simulations, promotes climate resilience and energy savings, while enhancing regional identity and quality of life.

Keywords: Bioclimatic Architecture; Northeastern Semi-arid; Passive Strategies; Thermal Comfort; Sustainability.

1 Discente do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Santa Maria (UNIFSM), Cajazeiras, PB, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0799-1840>.

2 Orientador e docente no Centro Universitário Santa Maria (UNIFSM), Cajazeiras, PB, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-049X>.

3 Docente do Centro Universitário Santa Maria (UNIFSM), Cajazeiras, PB, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3561-5577>.

4 Docente do Centro Universitário Santa Maria (UNIFSM), Cajazeiras, PB, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5343-3024>.

INTRODUÇÃO

O cenário global de mudanças climáticas, intensificado pelo aquecimento urbano e pelas emissões de gases de efeito estufa, impõe desafios críticos à habitabilidade¹ das cidades contemporâneas. No contexto brasileiro, a região Nordeste, terceira maior do país, abriga 27% da população nacional, e enfrenta desafios complexos devido a problemas socioeconômicos e à vulnerabilidade ambiental (Benevides; Teixeira; Carlo, 2022). Dentro desse panorama, destaca-se a região semiárida, que engloba 1.189 municípios, e é o lar de aproximadamente 24 milhões de pessoas, cerca de 12% da população brasileira, sendo reconhecida como a zona semiárida mais seca e densamente povoada do mundo (Gomes; Santos; Leal, 2022).

Somada aos desafios naturais, a região enfrenta um processo de urbanização acelerado e, frequentemente, desordenado, caracterizado por um crescimento rápido em curto período, sem o suporte de infraestrutura adequada ou políticas públicas eficazes. Esse modelo de expansão resulta em precárias condições de moradia, visto que muitas edificações são construídas de forma desconectada das particularidades climáticas locais, o que gera um ciclo de desconforto térmico (Silva, 2023).

Diante dessa realidade, a integração entre o urbanismo sustentável e a arquitetura bioclimática fundamenta-se na compreensão de que o desempenho térmico de uma edificação é indissociável de seu contexto imediato. Conforme defende Romero (2012), espaços urbanos projetados sob princípios bioclimáticos, como ventilação natural, sombreamento e arborização, mitigam ilhas de calor e criam condições favoráveis para que as edificações operem de forma mais eficiente e menos dependente de sistemas artificiais. Assim, o urbanismo sustentável amplia a discussão do bioclimatismo para além da escala do edifício, posicionando o desenho do território como um instrumento estratégico de resiliência no semiárido.

No Brasil, o zoneamento bioclimático foi recentemente reestruturado pela ABNT NBR 15220-3:2024, e passou a dividir o território nacional em 12 zonas. Embora essa nova classificação ofereça um mapeamento climático mais detalhado, a norma revisada ainda não apresenta o desdobramento completo das diretrizes construtivas adequadas, especialmente no que tange às Habitações de Interesse Social (HIS) para cada uma das novas zonas. Diante dessa lacuna de informações técnicas na norma revista, este trabalho fundamenta-se nas diretrizes estabelecidas para as antigas zonas 7 e 8, que, historicamente, abrangem o semiárido nordestino. Tais parâmetros consolidam estratégias fundamentais, como o uso de paredes de alta inércia térmica, pequenas aberturas protegidas e o aproveitamento da ventilação natural noturna para dissipar o calor acumulado.

Apesar da relevância dessas diretrizes, observa-se, na prática, uma lacuna entre as recomendações normativas e a produção arquitetônica contemporânea, onde a repetição de modelos padronizados ignora as severas particularidades térmicas da região. Portanto, investigar a arquitetura bioclimática como ferramenta de adaptação

ambiental é fundamental para promover a eficiência energética e garantir a qualidade de vida das populações em contextos de escassez de recursos.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo geral sistematizar as principais soluções e técnicas de adaptação bioclimática e de promoção de maior eficiência energética propostas na literatura para edificações localizadas em clima semiárido, buscando identificar os avanços já alcançados, as limitações encontradas e as possibilidades de aplicação prática no contexto regional. A partir dessa análise, pretende-se contribuir para discussão sobre a importância da arquitetura bioclimática como ferramenta de adaptação ambiental e promoção da eficiência energética, evidenciando sua relevância tanto para qualidade de vida da população quanto para a redução dos impactos ambientais no setor da construção civil.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa e de caráter exploratório descritivo, fundamentando-se nos princípios da pesquisa bibliográfica. A dimensão exploratória busca proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo - arquitetura bioclimática no semiárido - enquanto a descritiva dedica-se a identificar e caracterizar os fenômenos e suas relações, expondo suas particularidades sem a interferência direta do pesquisador. Já a pesquisa bibliográfica, de acordo com Marconi e Lakatos (2017), consiste no levantamento, seleção e análise de referências teóricas já publicadas, com objetivo de esclarecer um problema de pesquisa a partir de contribuições disponíveis na literatura.

Conforme Gerhardt e Souza (2009), a pesquisa qualitativa prioriza a interpretação dos fenômenos em seu contexto, considerando os significados, então relações e condições sociais e ambientais em que se inserem. Dessa forma, o estudo assumiu abordagem interpretativa e analítica, buscando compreender como os princípios da arquitetura bioclimática vem sendo aplicados ou discutidos na literatura, especialmente no contexto semiárido. Os levantamentos realizados permitirão identificar as principais soluções construtivas apontadas para o semiárido, bem como as limitações e potencialidades observados nas fontes consultadas, contribuindo para a consolidação de um panorama teórico que apoie as práticas arquitetônicas locais.

A investigação não busca a produção de dados empíricos inéditos, mas sim da sistematização de informações já existentes sobre o tema. Assim, o estudo adota como procedimento metodológico a revisão de livros, artigos científicos, dissertações e normas técnicas que abordam desempenho térmico e as estratégias bioclimáticas em edificações localizadas em regiões de clima semiárido. Logo, a pesquisa se estruturará a partir de quatro etapas ilustradas no quadro a seguir (Quadro 1 - Fluxograma da coleta de dados).

Quadro 1. Fluxograma da coleta de dados.

Etapa	Descrição dos Procedimentos, Filtros e Critérios	Materiais Localizados (Nº)
1	Busca ampla utilizando os descritores: <i>arquitetura bioclimática, semiárido nordestino, estratégias passivas, conforto térmico e sustentabilidade</i> . Nesta fase, não foram aplicados filtros temáticos.	1.868
2	Aplicação de filtros temáticos focados em arquitetura bioclimática no semiárido. Os critérios de inclusão consideraram a pertinência ao tema e à qualidade da publicação (periódicos indexados e editoras acadêmicas).	91
3	Refinamento por recorte temporal e espacial: Publicações dos últimos 10 anos (2015-2025) situadas no Brasil (preferencialmente Nordeste) que abordam soluções bioclimáticas aplicadas a climas semiáridos.	60
4	Critérios de inclusão/exclusão específicos: Análise da relação direta com o semiárido e foco em estratégias construtivas para o clima quente e seco.	12

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A sistematização da coleta de dados seguiu quatro etapas principais de refinamento, conforme ilustrado no fluxograma da pesquisa. Na Etapa 1, realizou-se uma busca ampla, utilizando os descritores *arquitetura bioclimática, semiárido nordestino, estratégias passivas, conforto térmico e sustentabilidade*, resultando em um total de 1.868 materiais localizados. Na Etapa 2, foram aplicados filtros temáticos focados em arquitetura bioclimática no semiárido, além de critérios de qualidade (periódicos indexados e editoras acadêmicas), o que reduziu a amostra para 91 obras.

A Etapa 3 consistiu no refinamento por recorte temporal (2015-2025) e espacial (Brasil, preferencialmente Nordeste), priorizando publicações que abordassem soluções bioclimáticas aplicadas especificamente a climas semiáridos. Por fim, na Etapa 4, o material foi submetido a critérios de exclusão e inclusão específicos, como a relação direta com estudos regionais e estratégias construtivas para o clima quente e seco. Após esse processo de filtragem, a amostra final totalizou 12 trabalhos que foram selecionados para a análise detalhada no quadro de resultados.

Posteriormente, os materiais foram organizados, e discutidos os resultados obtidos a partir da revisão da literatura, de modo a promover uma análise dos principais conceitos, técnicas e diretrizes identificados. Essa fase corresponde à interpretação dos achados e à articulação teórica entre diferentes autores e abordagens, conforme recomenda Marconi Lakatos (2017), ao afirmarem que a etapa de análise deve transformar os dados coletados em conhecimento estruturado significativo. A apresentação das discussões da literatura encontrada foi construída a partir de três eixos analíticos principais, definido de acordo com os objetivos da pesquisa: (1) os avanços no campo da arquitetura bioclimática, (2) suas limitações para aplicação, (3) e as possibilidades de uso dessas soluções.

Assim, pretende-se evidenciar os avanços teóricos e práticos alcançados no campo da arquitetura bioclimática, as lacunas da aplicação regional e as possibilidades de integração entre o conhecimento técnico-científico e o conhecimento tradicional e empírico. Assim, espera-se que a análise final contribua para reforçar a relevância da arquitetura bioclimática como ferramenta de adaptação ambiental, eficiência energética e melhoria da qualidade de vida nas regiões semiáridas.

RESULTADOS

Para fundamentar os resultados desta pesquisa e identificar as estratégias bioclimáticas no contexto regional, realizou-se um levantamento sistemático da produção acadêmica recente, dos últimos dez anos. Este recorte temporal permite observar a evolução das discussões científicas que buscam conciliar o saber vernacular e os materiais locais com novas ferramentas de simulação computacional e as atualizações normativas brasileiras. A seleção priorizou estudos que investigam a resiliência das edificações frente às especificidades do clima semiárido, abordando desde a escala da habitação unifamiliar até espaços públicos, como escolas.

O quadro a seguir sistematiza os trabalhos selecionados, detalhando seus objetivos, achados principais e conclusões fundamentais para compreensão do tema. A organização desses dados visa evidenciar as recorrências e soluções, ao mesmo tempo em que aponta as limitações impostas pela padronização construtiva e pela invisibilidade mediática de projetos tropicais. Esses elementos fornecem a base necessária para a discussão subsequente sobre os avanços alcançados e as possibilidades de aplicação prática no semiárido nordestino.

Quadro 2. Artigos encontrados na busca com o recorte temporal.

Ano	Autor	Objetivos	Resultados Principais	Conclusão
2025	Rocha <i>et al.</i>	Avaliar a permanência urbana e sustentabilidade da arquitetura vernacular sob mudanças climáticas.	Identificou a resiliência de técnicas tradicionais como resposta passiva eficaz ao aquecimento global.	A arquitetura vernacular oferece lições fundamentais para a adaptação climática contemporânea.
2024	Carvalho	Elaborar guia de projeto residencial sustentável para Pau dos Ferros/RN.	Constatou que esquadrias de vidro na fachada oeste causam forte desconforto; recomenda cores claras e massa térmica.	O conhecimento em bioclimatologia é essencial para mitigar as "asperezas" do clima semiárido.
2024	Toroxel & Silva	Revisar tecnologias de aquecimento e resfriamento passivo baseadas no bioclimatismo e arquitetura vernacular.	Destacou o avanço em edifícios de energia zero (nZEBs) e o uso de automação em estratégias passivas.	A integração de princípios tradicionais com softwares como BIM e LCA é o caminho para a sustentabilidade.
2024	Bagio <i>et al.</i>	Discutir a incorporação de estratégias de conforto e	Demonstrou que o uso de simulação computacional permite	Há uma lacuna crítica de integração entre a teoria do conforto e a

		bioclimatologia no ensino e prática projetual.	ajustes precisos na envoltória e forma do edifício.	prática nos ateliês de projeto.
2023	Silva	Propor modelos de habitação bioclimática replicáveis para o sertão nordestino.	Validou o uso de taipa de pilão, tetos verdes e aberturas pequenas para proteção contra ventos quentes e poeira.	É possível conciliar o protagonismo bioclimático com as necessidades regionais e culturais do "morar no sertão".
2023	Pinheiro	Analisar condições térmicas de escolas no semiárido paraibano.	Identificou que escolas padronizadas estão "desconectadas" do clima local, gerando alto desconforto térmico.	Sugere ventilação seletiva, brises metálicos e uso de elementos vazados (cobogós) para sombreamento.
2023	Gouveia & Leder	Investigar ventilação natural e conforto adaptativo em tipologias geminadas no semiárido.	Avaliou como o adensamento urbano impacta a circulação de ar e o conforto térmico em habitações.	Estratégias de ventilação devem ser adaptadas à morfologia urbana regional.
2022	Santiago	Analisar a representatividade da arquitetura do semiárido brasileiro em mídias especializadas.	O semiárido tem baixa visibilidade na mídia, apesar da produção heterogênea e resiliente.	Urge ampliar a historiografia arquitetônica para incluir produções "à margem" dos grandes centros.
2022	Galvão	Demonstrar a eficácia de Soluções Ecoeficientes Integradas em residências no Cariri.	Comprovou a viabilidade técnica e social da bioconstrução em relação aos métodos convencionais de mercado.	O projeto arquitetônico deve ser articulado com a cadeia produtiva local para ser sustentável.
2021	Reis	Aplicar estratégias bioclimáticas passivas em edificações históricas.	Identificou problemas de umidade e mofo; propôs ventilação e iluminação natural sem descaracterizar o patrimônio.	Soluções simples da arquitetura bioclimática podem revitalizar centros históricos com eficiência energética.
2019	Santiago	Caracterizar estratégias de adequação ao clima em 511 casas tropicais globais.	Apenas 6% das casas são tropicais; ventilação cruzada e beirais são as estratégias mais recorrentes.	O uso generalizado de vidro (estilo internacional) dificulta a identificação de uma linguagem regional própria.
2018	Gomes <i>et al.</i>	Avaliar influência construtiva no desempenho térmico em Pombal/PB.	Casas antigas de alta inércia térmica (paredes maciças) superam casas novas de alvenaria leve no semiárido.	Recomenda inserção de vegetação de grande porte na fachada oeste para sombreamento crítico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A sistematização desses estudos revela que, embora as diretrizes para o clima semiárido estejam bem estabelecidas na literatura técnica, priorizando o sombreamento, a inércia térmica e a ventilação seletiva (Bagio; Carvalho; Vecchi,

2024), sua aplicação prática ainda enfrenta desafios pela persistência de modelos arquitetônicos genéticos e pela carência de uma formação profissional integrada (Pinheiro *et al.*, 2023). Os dados compilados, demonstram uma convergência significativa entre o resgate de técnicas vernaculares e a necessidade de validação por ferramentas contemporâneas de simulação e desempenho energético. Assim, os resultados aqui apresentados fornecem o substrato empírico necessário para a seção seguinte, na qual esses avanços, limitações e potencialidades serão interpretados e confrontados, visando consolidar soluções que aliem eficiência energética à realidade climática e cultural da região (Meulam *et al.*, 2020; Peixoto, 2021).

DISCUSSÃO

Para estruturar esta reflexão, o debate será conduzido através de três eixos analíticos fundamentais: os avanços científicos e normativos identificados na área, as dificuldades e limitações que ainda restringem a aplicação prática dessas inovações, e as possibilidades de aplicação ou soluções projetuais concretas. Esta abordagem permitirá confrontar as potencialidades e desafios do mercado e da formação profissional, evidenciando como soluções a massa térmica, a ventilação seletiva e o sombreamento podem ser potencializadas (Gomes, 2023). Assim, busca-se consolidar um panorama que integre o resgate do saber vernacular às ferramentas tecnológicas contemporâneas, oferecendo subsídios para uma arquitetura mais resiliente e sustentável.

A transição do campo da arquitetura bioclimática de um saber puramente empírico e vernacular para uma pesquisa acadêmica formal representa um dos avanços mais significativos das últimas décadas (Ouro Preto, 2021; Reis, 2021). Essa evolução permitiu que as práticas ancestrais intuitivas fossem validadas por métodos científicos de qualificação e simulação computacional, transformando o clima em uma variável de projeto mensurável (Bagio; Carvalho; Vecchi, 2024). O que antes era transmitido por gerações como tradição oral agora integra agendas acadêmicas que buscam demonstrar cientificamente como materiais e técnicas locais podem otimizar o desempenho térmico contemporâneo (energises17 - Francisca MC mono). Esse hibridismo tecnológico permite que a identidade cultural nas regiões seja preservada, ao mesmo tempo em que as edificações atendem a padrões rigorosos de eficiência energética (Rocha *et al.*, 2025; Toroxel; Silva, 2024).

Nesse cenário, a reestruturação da norma NBR 15220-3 configura um marco fundamental para normatização do desempenho térmico no Brasil. Ao ampliar o zoneamento bioclimático brasileiro de 8 para 12 zonas, a norma proporcionou um mapeamento muito mais detalhado e preciso das diversas realidades climáticas do território nacional. Essa nova classificação é baseada em indicadores de desempenho complexos, como o percentual de horas de ocupação dentro da faixa de conforto e as cargas térmicas necessárias para aquecimento ou resfriamento (ABNT 2024). Com isso, os profissionais que executam os projetos dispõem de critérios mais específicos para orientar o desenvolvimento de habitações e edifícios públicos, garantindo que as

estratégias adotadas sejam coerentes com o microclima local (ABNT 2025; Pinheiro, 2023).

A precisão desse novo zoneamento foi alcançada graças ao uso de bases de dados meteorológicas avançadas, onde substituem dados provenientes de estações meteorológicas por grandes climatológicas que cobrem milhares de municípios, permitindo simulação de desempenho muito mais confiáveis. Uso desses softwares de simulação dinâmica possibilita prever o comportamento da edificação ainda na fase de anteprojeto, reduzindo drasticamente a necessidade de intervenções corretivas pós-ocupação. Assim, a arquitetura deixou de ser baseada apenas em premissas genéricas para se tornar uma resposta técnica fundamentada em dados reais de longo prazo (ABNT 2025).

Esses avanços científicos e normativos colocam a arquitetura bioclimática como uma ferramenta estratégica frente aos desafios do aquecimento global e da crise energética. A formalização de normas como a NBR 15220-3 e a NBR 15575 orienta a construção de cidades mais resilientes e menos dependentes de sistemas artificiais de climatização. A agenda de pesquisa atual agora se volta para a integração de ferramentas como o BIM (*Building Information Modeling*) e a Análise de Ciclo de Vida (LCA), buscando uma sustentabilidade que considere desde a origem dos materiais até a demolição. Dessa forma, consolidam-se caminhos para que a habitação no semiárido seja, ao mesmo tempo, tecnicamente eficiente, culturalmente enraizada e ambientalmente responsável.

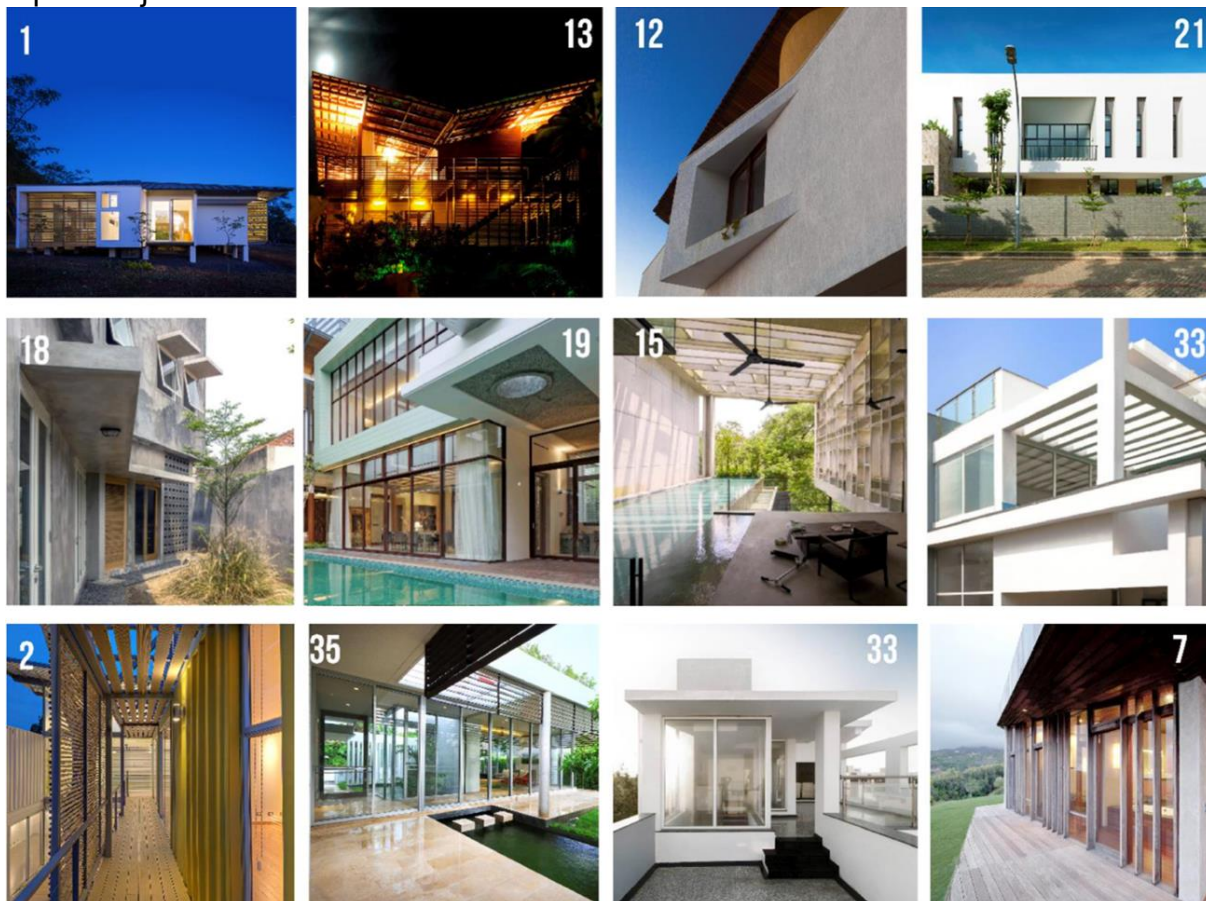
Carvalho (2024) afirma em seu estudo que a popularização das ferramentas digitais especializadas transformou a análise bioclimática em processo de alta precisão, permitindo que arquitetos transcendam as generalizações climáticas em favor de soluções customizadas. Plataformas como o *projeteee* e softwares como *Climate Consultant* são fundamentais para levantar estratégias construtivas pertinentes, sendo possível a extração de diagnósticos a partir da plotagem de dados meteorológicos horários em cartas bioclimáticas integradas, além do uso do QGIS e de outros sistemas de informação geográfica (SIG), que possibilita a visualização e edição de dados georreferenciados, auxiliando análise espacial de variáveis como topografia, massa vegetal e densidade construída, que são cruciais para entender as nuances do microclima local.

Ainda, quanto aos avanços nessa área, Santiago (2019) traz a análise da produção contemporânea, e revela mais ação significativa do repertório bioclimático, superando as diretrizes clássicas, ao incorporar soluções que aliam estética moderna e desempenho térmico. Enquanto a literatura tradicional foca em estratégias consolidadas, a observação de projetos recentes permite identificar o surgimento de novas estratégias, dentre essas inovações, destacam-se as de sombreamento, como recuo esquadria e o balanço, além de estratégia de resfriamento, como pé-direito duplo (altura dupla), as fachadas verdes e os telhados jardins.

O recuo das esquadrias e as lajes em balanço surgem como respostas para a proteção das aberturas, especialmente na fachada oeste, que sofre com o pico de radiação vespertina. O uso do balanço permite que o próprio volume da edificação gere sombra sobre as vedações inferiores, enquanto o recuo das janelas cria uma barreira física contra a incidência solar direta sem comprometer a entrada de luz natural. Essas soluções são frequentemente materializadas em concreto, indicando

uma tendência tanto técnica quanto estética na arquitetura regional contemporânea (figura 1).

Figura 1. Compilado de imagens da autora (Santiago, 2019), das figuras 1, 13, 12, 21, 19, 15, 33, 2, 35, 33, 7, que resumem os elementos citados, sendo respectivamente: Soluções de sombreamento na fachada oeste, soluções de sombreamento utilizando concreto armado, soluções de sombreamento com relação a porta e janela.



Fonte: Santiago, 2019.

Corroborando com os dados encontrados por Santiago (2019), temos Galvão (2022), que também traz em seu estudo a aplicação de telhados e fachadas verdes como um avanço tecnológico que utiliza a vegetação como isolante térmico dinâmico. No estudo de Silva (2023), aborda-se que um telhado verde pode reduzir a temperatura da superfície da cobertura entre 15° e 45°, além de diminuir o consumo de energia da edificação em até 80%. Complementarmente, as paredes vivas externas atuam como barreiras que absorvem cerca de 50% da radiação solar, podendo reduzir as temperaturas internas em até 7°C, e auxiliando no controle da umidade através da evapotranspiração (Carvalho, 2024).

Santiago (2019) afirma que o uso de pés-direitos duplos (altura dupla) tem sido identificado como uma estratégia espacial que funciona como um “pulmão” para edificação, potencializando a ventilação cruzada e o efeito chaminé. Essa solução

facilita a subida do ar quente por convecção, removendo o calor das zonas ocupadas e melhorando a sensação térmica ao nível do solo (Silva, 2023). Além do gás estético de amplitude, altura dupla permite a inclusão de aberturas em níveis superiores que garantem a exaustão constante do aquecido acumulado abaixo da cobertura (Santiago, 2019; Galvão, 2022).

Por fim, o resfriamento evaporativo consolidou-se como a técnica essencial para regiões de baixa umidade, utilizando a evaporação da água para reduzir a temperatura do ar. A integração de espelhos da água em partes internas ou próximos às coberturas, para permitir que o vento seja resfriado e umidificado antes de percorrer os ambientes internos. Esta técnica é particularmente eficaz no clima semiárido, onde a umidade relativa pode cair drasticamente, transformando elementos de lazer em ferramentas ativas de condicionamento térmico passivo (Carvalho, 2024).

A valorização da identidade regional na arquitetura contemporânea manifesta-se através de um movimento de reinterpretação do saber vernacular, que busca integral conhecimento tradicional aos métodos científicos de análise climática. Esse processo resulta da criação de uma linguagem híbrida, onde a modernidade e a tradição se fundem para gerar edificações que utilizam sistemas construtivos elementares em conjunto com tecnologia de ponta e materiais industrializados (Rocha *et al.*, 2025). Nesse cenário, o emprego de materiais locais, como terra (adobe ou taipa) e pedra, é resgatado não apenas por sua disponibilidade, mas por sua capacidade de reforçar o vínculo subjetivo entre homem, cultura e natureza (Santos; Costa, 2017). Projetos realizados no semiárido brasileiro demonstram essa tendência ao tratar o concreto bruto com uma “pedra concebida pelo homem”, mimetizando a rusticidade da paisagem local; ou ao adotar o branco e as cores claras para dialogar com a estética das casinhas tradicionais sertanejas (Santiago, 2022).

Sob a ótica do desempenho térmico, essa revalorização é tecnicamente fundamentada na alta inércia térmica proporcionada por vedações pesadas, estratégicas para sobrevivência em climas de radiação intensa. O uso de paredes espessas de adobe ou taipa de pilão atua retardando a entrada de calor para os ambientes internos durante o dia, e liberando essa energia apenas à noite, quando as temperaturas externas declinam, o que reduz drasticamente a necessidade de sistemas artificiais de refrigeração. Além da eficiência energética, a adoção dessas técnicas locais funciona como mecanismo de resistência cultural contra a homogeneização imposta pelo estilo internacional, combatendo a importação de modelos estrangeiros. Dessa forma, arquitetura do semiárido evolui para o modelo de resiliência e sustentabilidade, que respeita a memória coletiva e as particularidades geoclimáticas da região (Zenaide, 2024).

Outra limitação crítica para a disseminação de boas práticas é a baixa representatividade da arquitetura tropical regional na mídia especializada. De acordo com levantamento de Santiago (2019), dos mais de 8.800 projetos residenciais publicados no portal *ArchDaily* até 2017, apenas 5,75% situavam-se em clima tropical, embora este clima ocupe quase 17% da superfície continental habitada. No contexto brasileiro, Santiago (2022) reforça que a produção do semiárido é ainda mais invisibilizada, representando menos de 1% das casas brasileiras publicadas em portais de grande alcance. Essa “invisibilidade cartográfica” dificulta que estudantes e

profissionais encontrem referências projetuais adequadas à realidade regional, retroalimentando a cultura da importação de modelos inadequados.

As dificuldades estendem-se à formação profissional e à regulamentação urbana. Bagio *et al.* (2024) apontam uma lacuna crítica da integração entre as disciplinas teóricas de conforto ambiental e a prática nos ateliês de projeto das universidades, o que gera insegurança nos recém-formados para aplicar conceitos bioclimáticos no mundo real (Bagio; Carvalho; Vecchi, 2024). Além disso, Pinheiro (2023) e Silva (2023) destacam que a persistência de “projetos-padrão” em edificações públicas, como escolas, demonstra um descompasso entre as normas de desempenho e execução prática, resultando em ambientes desconectados das especificidades microclimáticas locais.

Por fim, as pressões do mercado imobiliário e a falta de fiscalização municipal consolidam-se como barreiras finais. Em cidades do semiárido, a ausência de códigos de obras eficazes e a priorização do lucro imediato levam à construção de bairros saturados e impermeabilizados, que ignoram recuos estratégicos e o uso de vegetação. Como constatado nas pesquisas de campo de Gomes *et al.* (2018) e Pinheiro (2023), a negligência de estratégias básicas, como a orientação solar e a inércia térmica, em favor de alvenaria leves e baratas, acaba por condenar o usuário final ao desconforto térmico e à dependência financeira de sistemas mecânicos de resfriamento.

Este momento da discussão debruça-se sobre as possibilidades de aplicação e as soluções projetuais que emergem da literatura e da prática contemporânea como respostas eficazes às severas condições do clima semiárido (Neves, 2006; Meulam *et al.*, 2020; Peixoto, 2021). A sistematização dos dados revela que a eficiência dessas soluções não reside na adoção de elementos isolados, mas na integração de estratégias passivas que dialoguem com as condicionantes naturais, como a radiação solar intensa, as altas temperaturas e a baixa umidade (Soares; Araújo; Dias, 2023; Bagio; Carvalho; Vecchi, 2024).

Santiago (2019) aponta a importância de proteção da fachada oeste, e Carvalho (2024) corrobora com as informações trazidas, uma vez que esta orientação recebe o pico de radiação solar vespertina. Para mitigar esse impacto, recomendam a redução da área de janelas nessa face ou o uso intensivo de brises-soleil e vegetação de grande porte, que atuam como filtros solares eficientes sem comprometer totalmente a iluminação natural. A negligência dessa proteção é identificada como uma das maiores causas de desconforto em habitação do semiárido (Santiago, 2019).

No que tange à ventilação natural, a estratégia de ventilação cruzada permanente é amplamente defendida para promover a renovação do ar e o resfriamento convectivo. Os elementos vazados, como os cobogós, ganham destaque por permitir a passagem de ar e o fluxo de iluminação, enquanto preserva privacidade e filtra a radiação direta. Além disso, estratégias como efeito chaminé, através de lanternins e sheds, são sugeridas para facilitar a exaustão do ar quente acumulado nas partes mais altas das edificações (Carvalho, 2024).

Para o clima semiárido, a técnica de ventilação seletiva mostra-se particularmente eficaz. Conforme Silva (2023) e a norma NBR 15220-3, deve-se inibir a entrada de ventos durante o dia, que costumam ser quentes e carregadas de poeira,

e maximizar abertura de janelas à noite, quando as temperaturas externas caem, permitindo resfriamento da massa térmica da edificação. Essa alternância é vital para manter o microclima interno estável e ameno durante o período diurno.

O aumento da densidade da massa térmica das vedações é outra solução essencial identificada nas pesquisas de campo. Paredes espessas construídas com materiais de alta inércia, como adobe, pedra ou taipa de pilão, permitem absorver calor solar durante o dia e liberá-lo apenas tardiamente, aproveitando o atraso térmico para equilibrar a temperatura interna (Carvalho, 2024). Estudos comparativos demonstram que residências antigas, com paredes maciças, apresentam desempenho térmico superior a construções novas de alvenaria leve no semiárido (Gomes; Santos; Leal, 2018).

O comportamento térmico das superfícies deve ser controlado através da adoção de cores claras e superfícies refletoras no envelope da edificação. Uso de branco ou tons pastéis reduz significativamente a absorção solar, refletindo grande parte da radiação incidente, e diminuindo a temperatura superficial das paredes e coberturas (Santiago, 2022). Esta é uma solução de baixo custo e alta eficácia, capaz de reduzir a necessidade de sistemas artificiais de refrigeração (Pinheiro, 2023).

Por fim, as soluções acústicas térmicas integradas, como as paredes verdes e telhados jardins, consolidam a resiliência dos projetos contemporâneos (Santiago, 2019). A vegetação atua como um isolante térmico dinâmico que absorve radiação para a fotossíntese e resfria o ambiente por evapotranspiração, podendo reduzir as temperaturas internas em até 7°C. Além disso, essas camadas vegetais funcionam como barreiras acústicas eficientes, e ajudam a criar microclimas urbanos mais agradáveis (Galvão, 2022).

Apesar dos significativos avanços teóricos e normativos na área, além dos já citados, a aplicação prática dos conceitos, elementos e estratégias da arquitetura bioclimática enfrentam barreiras estruturais e culturais profundas. Um dos principais obstáculos é a globalização estética, manifestada pela adoção indiscriminada do estilo internacional (Galvão, 2022; Carmo filho, 2005). Como aponta Santiago (2019), persiste a importação de modelos e sistemas desenvolvidos para contextos climáticos temperados ou frios, que são replicados em regiões tropicais e no semiárido brasileiro sem a devida filtragem bioclimática. Temo como exemplo desse fenômeno edifícios com extensas fachadas de vidros desprotegidos, que ignoram a diversidade climática local e se tornam dependentes de sistemas artificiais de refrigeração para garantir habitabilidade (Zenaide, 2024).

A utilização técnica inadequada de materiais contemporâneos, especialmente o vidro, como cita Carvalho (2024), configura-se como “estrangeirismo” que agrava desempenho térmico nas zonas de radiação intensa. A autora ainda observa que o uso dessas esquadrias de vidro sem proteção, particularmente na fachada oeste, gera um “efeito estufa interno”, elevando drasticamente as temperaturas, forçando um consumo excessivo de energia. Essa tendência reforçada por uma cultura de projeto que, muitas vezes, prioriza estética globalizada em detrimento da eficiência energética, resultando no que alguns autores denominam como “hemorragia energética” (Bagio; Carvalho; Vecchi, 2024).

Em suma, a aplicação dessas possibilidades no contexto regional exige um hibridismo tecnológico que conecte as tradições seculares de morar no sertão com as

ferramentas de simulação e desempenho do século XXI (Soares; Araújo; Dias, 2023). A arquitetura bioclimática para o semiárido, portanto, deve ser compreendida como um instrumento de planejamento sustentável que prioriza o bem-estar humano através de intervenções inteligentes, enraizadas e de baixo impacto ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo cumpriu seu objetivo geral de sistematizar as principais soluções e técnicas bioclimáticas para o semiárido brasileiro, evidenciando que a área atravessa uma transição fundamental: do saber puramente empírico e vernacular para uma pesquisa acadêmica formal e quantificável. A análise dos resultados demonstrou que a arquitetura bioclimática não é apenas um conjunto de técnicas isoladas, mas uma ferramenta estratégica essencial para a promoção da habitabilidade e resiliência frente às mudanças climáticas e às "asperezas" características da região.

Dentre os avanços identificados, destaca-se a evolução normativa e tecnológica, com a atualização da NBR 15220-3 e a popularização de softwares como o *Climate Consultant* e o *Projetee*. Essas ferramentas permitiram validar cientificamente o que a tradição vernacular já praticava de forma intuitiva, conferindo aos projetistas parâmetros mais precisos para orientar o desempenho térmico. A pesquisa revelou que a incorporação de novas estratégias, como fachadas verdes, recuos de esquadria e pés-direitos duplos, expandiu o repertório técnico para além dos manuais clássicos, oferecendo respostas contemporâneas e eficazes para o resfriamento passivo.

No tocante às soluções práticas, o trabalho confirmou que o tripé de soluções inclui sombreamento, inércia térmica e ventilação seletiva como os pilares fundamentais para o conforto no semiárido. A eficácia de dispositivos como beirais amplos, brises e cobogós foi ratificada como essencial para proteger as edificações da radiação solar direta, especialmente na crítica fachada oeste. Além disso, o uso de vedações pesadas (massa térmica) e cores claras no envelope da edificação provou ser uma solução de alto impacto e baixo custo para atrasar o ganho térmico e reduzir a dependência de sistemas mecânicos de refrigeração.

Entretanto, as limitações identificadas revelam um descompasso entre a teoria e a prática de mercado. A persistência do "International Style" e a importação de modelos envidraçados desprotegidos resultam em uma "hemorragia energética". A pesquisa de Santiago (2022) trouxe um dado alarmante sobre a invisibilidade midiática, onde o semiárido brasileiro representa menos de 1% das casas publicadas em portais especializados, o que dificulta a disseminação de referências regionais assertivas. Somam-se a isso as lacunas na formação profissional e a carência de códigos de obras municipais que exijam desempenho térmico, perpetuando o uso de projetos-padrão desconectados do microclima local.

Conclui-se que a valorização da identidade regional e do patrimônio vernacular - como o uso da taipa de pilão e da pedra - deve ser interpretada como um movimento de resistência e sustentabilidade real. A criação de uma "linguagem híbrida", que conecte saberes ancestrais às tecnologias do século XXI, permite que a arquitetura

no sertão nordestino seja tecnicamente eficiente sem perder sua alma cultural. É imperativo que arquitetos e urbanistas assumam seu papel como agentes de transformação, integrando critérios bioclimáticos, desde as fases embrionárias do projeto, para garantir cidades mais resilientes e justas.

Por fim, este trabalho não pretende encerrar o debate, mas servir como um ponto de partida e estímulo para futuras investigações. Sugere-se que pesquisas posteriores explorem o impacto das estratégias bioclimáticas na escala urbana (ilhas de calor), e aprofundem o estudo sobre o desempenho acústico de vedações de alta massa térmica no semiárido.

REFERÊNCIAS

ALVALÁ, Regina C. S. *et al.* Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, suppl. 1, e20170209, 2019.

AMORIM, Rafael Ponce de Leon; MELLO, Hayanne Macêdo de; SOUZA, Hirley Pinheiro de. Avaliação de desempenho térmico em salas de aula no Alto Sertão da Paraíba - estudo de caso no IFPB, Campus Cajazeiras. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 42, 2018.

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: ABNT, 2005 (e atualização 2024).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013 (e atualização 2021).

BAGIO, Júlia; DE CARVALHO, Ramon Silva; DE VECCHI, Renata. Bioclimatologia e projeto: estratégias aplicadas em um estudo de caso. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 20, p. 1-13, 2024.

BENEVIDES, Dos Santos; Teixeira, Lorraine Vaz Pessoa; CARLO, Joyce Correna. Simulação do conforto térmico de usuários de habitações em Moçambique. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 20, p. 1-12, 2024.

CARMO FILHO, J. J. **Construir Frondoso: uma herança esquecida?** Avaliação Pós-Ocupação em habitações unifamiliares projetadas de 1976 a 2004 na Região Metropolitana do Recife, com base nas recomendações do “Roteiro para construir no Nordeste” de Armando de Holan- da. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.

CARVALHO, Francisca M. C. **Arquitetura Bioclimática no Semiárido**: Guia de projeto residencial sustentável para Pau dos Ferros/RN. 2024. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Semi-Árido, Angicos, 2024.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GALVÃO, Larissa Duarte. **Arquitetura sustentável e bioconstrução**: teoria e aplicabilidade para o Desenvolvimento Regional Sustentável no Cariri cearense. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) - Universidade Federal do Cariri, Crato, 2022.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIVONI, Baruch. **Man, Climate and Architecture**. 2. ed. London: Applied Science Publishers, 1976.

GOUVEIA, Gustavo Gregório; LEDER, Solange Maria. Ventilação natural, conforto térmico adaptativo e tipologia geminada no semiárido brasileiro. **Anais do Seminário Regional de Políticas e Sustentabilidade (SERPS)**, [S.l.], v. 1, p. 20-38, 2023.

HOLANDA, Armando de. **Roteiro para construir no Nordeste**. Recife: UFPE, 1976.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023**. Geneva: IPCC, 2023.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

MACIEL, Zenaide Clara Morato. *Estratégias do design passivo no património*. 2024. Dissertação (Mestrado) - Universidades Lusíada, Lisboa, 2024. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/a983028d2169737086e087ffa8b9997d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>>. Acesso em fev. de 2026.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEULAM, JUC *et al.* Os conceitos da arquitetura bioclimática e sua relação com a eficiência energética nas edificações. **INTERNATIONAL JOURNAL**, v. 2, n. 1, 2020.

NEVES, de Oliveira Leticia *et al.* Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/SBD).

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

Peixoto, N.C., 2021. **Estratégias de arquitetura bioclimática para a melhoria das condições de conforto e eficiência energética de um hotel em Nova Friburgo - RJ, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, IPV, Viseu, Portugal.

PINHEIRO, Wilma Fernandes. **Avaliação das condições térmicas em escolas públicas no semiárido paraibano segundo os princípios da arquitetura bioclimática**. 2023. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

REIS, Júlia Abreu. **Arquitetura bioclimática**: estudo de caso em república localizada no centro histórico de Ouro Preto - MG. 2021. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

ROCHA, V. M. *et al.* Permanência urbana e sustentabilidade da arquitetura vernacular em madeira sob mudanças climáticas. **Revista Entre-Lugar**, v. 12, n. 24, 2025. [Source history].

SANTIAGO, Beatriz Cavalcante de Carvalho Santiago. **A casa tropical contemporânea**: as estratégias de adequação da edificação ao clima. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SANTIAGO, Beatriz Cavalcante de Carvalho. A representatividade da arquitetura do semiárido brasileiro em mídias especializadas. In: VII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 2022, São Carlos. **Anais...** São Carlos: IAU-USP, 2022.

SANTOS, Soraia Costa; COSTA, Silvia Kimo. Arquitetura vernacular ou popular brasileira: conceitos, aspectos construtivos e identidade cultural local. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 24, n. 35, p. 218-218, 2017.

SILVA, Lucas Gomes da. **Habitação Bioclimática no Sertão**: Proposta de modelos replicáveis. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SOARES, Ana Flávia de Oliveira; ARAÚJO, André Luís de; DIAS, Maíra Vieira. Estudo de estratégias bioclimáticas para adaptabilidade das edificações ao clima no Mato Grosso. **Revista Cidades Verdes**, [S.l.], v. 11, n. 30, 2023.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE).
Delimitação do Semiárido: Relatório Técnico. Recife: SUDENE, 2021.

TOROXEL, A.; SILVA, R. Revisão de tecnologias de aquecimento e resfriamento passivo na arquitetura vernacular. **Energies**, v. 17, 2024.