

DOI: <https://doi.org/10.36470/famen.2026.r7a20>

Recebido em: 06/05/2026

Aceito em: 02/06/2026

**ESCOLA-ECOSSISTEMA E PEDAGOGIA BIOCLIMÁTICA DO SEMIÁRIDO:
BIOFILIA, COGNIÇÃO INCORPORADA E APRENDIZAGEM
TERRITORIALIZADA**

**SCHOOL-ECOSYSTEM AND THE BIOCLIMATIC PEDAGOGY OF THE
SEMIARID: BIOPHILIA, EMBODIED COGNITION, AND PLACE-BASED
LEARNING**

Francisca Aline de Oliveira Torres

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-6729-5245>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9179167478873269>

Mestrado em Ciências da Educação

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Portugal

E-mail: thathy_0@hotmail.com

Tatiane Lopes Ribeiro Menezes

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-8135-231X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3504313495117231>

Especialização em Psicopedagogia

Serviço Social da Indústria, Brasil

E-mail: tatiane.lrm@gmail.com

Pedro Paulo da Cunha

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8010-0862>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1225409965908965>

Mestrando em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: pedro.paulo@discente.univasf.edu.br

Cláudio Alberto de Sá Quirino

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-0226-3212>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7400995401567977>

Mestre Administração Pública

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: claudioquirino86@gmail.com

RESUMO

A permanência de modelos escolares industrializados em regiões semiáridas evidencia a dissociação histórica entre arquitetura educacional, territorialidade e experiência ecológica da aprendizagem. Em grande parte das escolas do Semiárido, ambientes termicamente inadequados, artificializados e desconectados da paisagem local continuam reproduzindo formas silenciosas de alienação territorial e empobrecimento sensorial. Este artigo teve como objetivo analisar como a literatura científica internacional fundamenta a transformação do espaço escolar em dispositivo cognitivo e ontológico por meio da biofilia, da cognição incorporada e da aprendizagem territorializada. Trata-se de uma Revisão Integrativa da literatura, desenvolvida entre novembro de 2025 e abril de 2026 em seis bases indexadoras internacionais e ibero-americanas. A busca inicial resultou em 657 referências, submetidas a procedimentos de triagem, elegibilidade e síntese qualitativa, culminando em um corpus final composto por 28 estudos. Os resultados demonstraram que estratégias biofílicas e arquiteturas climaticamente adaptadas favorecem conforto térmico, restauração atencional, bem-estar emocional, pertencimento ecológico e ampliação das experiências pedagógicas. A análise também revelou que a cognição emerge de interações corporais e ambientais, deslocando a compreensão da escola de infraestrutura passiva para ecossistema vivo de aprendizagem. A discussão permitiu formular os conceitos de Escola-Ecossistema e Pedagogia Bioclimática do Semiárido, compreendidos como perspectivas capazes de integrar arquitetura, território, corpo e aprendizagem em contextos ambientalmente vulneráveis. Conclui-se que escolas territorialmente contextualizadas possuem potencial para promover justiça climática, reconexão ontológica com a Caatinga e experiências educativas ecologicamente situadas.

Palavras-chave: Caatinga; currículo silencioso; Ecologia cognitiva; territorialidade; sustentabilidade educacional.

ABSTRACT

The persistence of industrialized school models in semiarid regions reveals a historical dissociation between educational architecture, territoriality, and the ecological experience of learning. In many schools located in semiarid environments, thermally inadequate and highly artificialized spaces continue to reproduce silent forms of territorial alienation and sensory impoverishment. This article aimed to analyze how the international scientific literature conceptualizes the transformation of school space into a cognitive and ontological device through biophilia, embodied cognition, and place-based learning. This study consisted of an Integrative Literature Review conducted between November 2025 and April 2026 across six international and Ibero-American databases. The initial search retrieved 657 references, which underwent screening, eligibility procedures, and qualitative synthesis, resulting in a final corpus of 28 studies. Findings demonstrated that biophilic strategies and climatically responsive architectures contribute to thermal comfort, attentional restoration, emotional well-being, ecological belonging, and enriched pedagogical experiences. The analysis also revealed that cognition emerges from bodily and environmental interactions, shifting the understanding of schools from passive infrastructure to living learning ecosystems. The discussion enabled the

formulation of the concepts of School-Ecosystem and Bioclimatic Pedagogy of the Semiarid, understood as frameworks capable of integrating architecture, territory, body, and learning in environmentally vulnerable contexts. The study concludes that territorially contextualized schools hold significant potential to promote climate justice, ontological reconnection with the Caatinga biome, and ecologically situated educational experiences.

Keywords: Caatinga; hidden curriculum; cognitive Ecology; territoriality; Educational sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Durante décadas, a arquitetura escolar predominante em regiões semiáridas foi concebida sob parâmetros universalizantes que desconsideram as especificidades climáticas, ecológicas e culturais dos territórios onde as escolas se inserem. No contexto da Caatinga, essa lógica materializa-se em edifícios padronizados de concreto, baixa ventilação natural e elevada absorção térmica, frequentemente incapazes de responder às condições ambientais extremas do Semiárido. Tal configuração não representa apenas um problema técnico de infraestrutura, mas uma expressão espacial de epistemologias descontextualizadas que silenciam o território e dissociam os sujeitos de suas paisagens de pertencimento (Duffy, 2024; Scherer; Grigoletti, 2023).

A racionalidade arquitetônica industrial aplicada às escolas produz efeitos que ultrapassam o desconforto térmico. Ambientes escolares excessivamente fechados, artificializados e desvinculados da natureza tendem a reforçar experiências pedagógicas centradas na abstração espacial e na negação das ecologias locais. Nesse cenário, o espaço físico deixa de atuar como mediação educativa sensível e converte-se em dispositivo de alienação territorial, especialmente em regiões historicamente marcadas por discursos de escassez, aridez e precariedade ambiental.

De acordo com Fisher (2024) os modelos escolares desconectados das dinâmicas biofílicas comprometem não apenas indicadores de bem-estar, mas também processos de aprendizagem, pertencimento e interação social. Em perspectiva semelhante, Gray e Downie (2024) argumentam que ecossistemas escolares incapazes de integrar natureza, ambiência e experiência humana tendem a limitar formas mais complexas de desenvolvimento cognitivo e socioemocional.

A literatura recente tem demonstrado que a espacialidade escolar participa ativamente da construção das experiências de aprendizagem. A noção de “currículo silencioso” emerge justamente da compreensão de que materiais, iluminação, ventilação, presença de vegetação, circulação e ambiência sensorial comunicam valores, percepções e formas de relação com o mundo. Não se trata apenas de ensinar conteúdos dentro de uma sala, mas de reconhecer que a própria sala ensina. Browning e Determan (2024) identificam que escolas biofílicas favorecem vínculos emocionais mais positivos com o ambiente educativo, enquanto Bernardo *et al.* (2021) evidenciam impactos significativos da presença de vegetação na melhoria da atenção e do desempenho cognitivo infantil. Em paralelo, Ebrahimi Salari e Westbrook (2024) ressaltam que ambientes escolares mediados por espacialidades mais abertas e integradas ao movimento corporal ampliam experiências de bem-estar e aprendizagem informal.

Essa discussão aproxima-se diretamente das abordagens da cognição incorporada, sobretudo da perspectiva 4E, segundo a qual os processos cognitivos não se restringem à atividade cerebral isolada, mas emergem da interação entre corpo, ambiente, percepção e ação situada. A aprendizagem, sob essa ótica, constitui experiência ecológica e relacional. Macedonia (2019) sustenta que o corpo desempenha papel decisivo na consolidação do conhecimento, enquanto Castro-Alonso *et al.* (2024) defendem que ambientes físicos adequadamente estruturados potencializam experiências cognitivas mais profundas, sensoriais e significativas. O espaço escolar, portanto, não opera como cenário neutro da aprendizagem, mas como componente ativo da cognição.

No campo da Place-Based Education, a aprendizagem territorializada vem sendo compreendida como estratégia capaz de fortalecer pertencimento ecológico, consciência ambiental e identidade cultural. Em vez de afastar os estudantes de suas paisagens, essa abordagem propõe reconectar currículo, território e experiência vivida. Gonzalez (2023) destaca que práticas educativas baseadas no lugar favorecem aprendizagens cognitivas, socioemocionais e comportamentais articuladas à sustentabilidade.

Cicchino *et al.* (2023), ao discutirem pedagogias ecológicas críticas, apontam que o engajamento ambiental depende da construção de vínculos concretos entre sujeitos e ecossistemas locais. Sob essa mesma direção, Yemini, Engel e Ben Simon (2025) observam que a educação baseada no lugar amplia experiências de cidadania ambiental e pertencimento

comunitário, especialmente em contextos marcados por vulnerabilidades territoriais.

Embora existam avanços importantes nesses campos, permanece difusa na literatura científica a articulação integrada entre arquitetura bioclimática, design biofílico, cognição incorporada e pedagogia do lugar em contextos semiáridos. Grande parte das pesquisas concentra-se em benefícios isolados da biofilia, da ventilação natural ou das práticas territoriais de aprendizagem, sem consolidar uma interpretação sistêmica do espaço escolar como ecossistema cognitivo e ontológico. Diante dessa lacuna, o presente artigo tem como objetivo analisar como a literatura científica internacional fundamenta a transformação do espaço físico escolar em um “currículo silencioso” por meio da bioconstrutividade e do design biofílico, investigando de que maneira essa integração atua como inovação pedagógica na cognição e na relação ontológica dos estudantes com territórios semiáridos. Sustenta-se, como tese central, que a escola, quando concebida como ecossistema vivente e territorializado, ultrapassa sua função infraestrutural e passa a operar como dispositivo ecológico de aprendizagem, pertencimento e reconexão biofílica com o Semiárido.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

2.1 TIPO DE ESTUDO E ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este estudo caracteriza-se como uma Revisão Integrativa da literatura, delineada com a finalidade de reunir, examinar e sintetizar criticamente produções científicas sobre arquitetura escolar, design biofílico, bioconstrutividade, cognição incorporada e aprendizagem baseada no lugar em contextos semiáridos e ambientalmente sensíveis. A escolha por esse método justifica-se por sua capacidade de articular evidências empíricas, formulações teóricas e proposições conceituais de diferentes campos do conhecimento, permitindo a construção de uma síntese interpretativa mais ampla do que aquela produzida por revisões estritamente sistemáticas ou metanálises quantitativas.

A Revisão Integrativa mostra-se particularmente adequada ao objetivo deste artigo porque o problema investigado atravessa domínios disciplinares distintos, como educação, arquitetura, psicologia ambiental, sustentabilidade, cognição e estudos territoriais. Conforme

Mendes, Silveira e Galvão (2008), esse tipo de revisão permite organizar conhecimentos dispersos, identificar lacunas e sustentar práticas ou formulações teóricas a partir de uma análise criteriosa da literatura. Souza, Silva e Carvalho (2010) também destacam que a Revisão Integrativa possibilita incorporar diferentes desenhos metodológicos, preservando rigor na seleção, análise e interpretação dos estudos. Em perspectiva complementar, Torraco (2005) compreende a revisão integrativa como procedimento de reconstrução conceitual, especialmente relevante quando a literatura se encontra fragmentada e carece de articulação teórica mais robusta.

Neste artigo, a Revisão Integrativa foi assumida não apenas como técnica de levantamento bibliográfico, mas como estratégia epistemológica de síntese crítica. A intenção não foi produzir uma enumeração descritiva de estudos sobre escolas biofílicas, conforto ambiental ou educação baseada no lugar, mas examinar como esses campos podem ser teoricamente integrados para sustentar a noção de escola como ecossistema cognitivo, pedagógico e ontológico no Semiárido.

2.2 ETAPAS DA REVISÃO INTEGRATIVA

O percurso metodológico foi organizado em etapas sucessivas e interdependentes, tomando como referência as orientações de Mendes, Silveira e Galvão (2008) e Souza, Silva e Carvalho (2010). Inicialmente, procedeu-se à delimitação do problema de pesquisa, com formulação da seguinte questão orientadora: como a literatura científica global fundamenta a transformação do espaço físico escolar em um “currículo silencioso” por meio da bioconstrutividade e do design biofílico, e de que forma essa integração atua como inovação pedagógica na cognição e na relação ontológica dos estudantes com territórios semiáridos?

A segunda etapa consistiu na definição das bases de dados, dos descritores e das combinações booleanas. Em seguida, estabeleceram-se critérios explícitos de inclusão e exclusão, com o objetivo de garantir aderência temática, qualidade documental e pertinência epistemológica ao escopo do artigo. Posteriormente, realizou-se a triagem dos registros localizados, a remoção de duplicidades, a leitura de títulos e resumos, a avaliação de elegibilidade dos textos completos e a composição do corpus final.

A etapa analítica compreendeu a extração dos dados em matriz própria, contemplando autoria, ano, periódico, país ou contexto de estudo, objetivo, desenho metodológico, eixo temático, principais achados e contribuição para a construção conceitual da escola como ecossistema. Essa sistematização permitiu organizar a síntese em categorias interpretativas, sem perder de vista a complexidade transdisciplinar do objeto investigado.

2.3 BASES DE DADOS E ESTRATÉGIAS DE BUSCA

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre novembro de 2025 e abril de 2026, em seis bases de dados selecionadas por sua relevância internacional, interdisciplinaridade e capacidade de indexar estudos nos campos da educação, arquitetura, saúde ambiental, sustentabilidade e psicologia: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, SciELO e Dialnet.

A estratégia de busca foi construída a partir de três eixos semânticos principais. O primeiro reuniu termos ligados à arquitetura, ao espaço escolar e à biofilia. O segundo concentrou descritores relacionados à pedagogia, cognição, currículo silencioso e aprendizagem baseada no lugar. O terceiro delimitou o contexto territorial e climático, incluindo semiárido, zonas áridas, Caatinga e drylands. A string geral de busca adotada foi adaptada às especificidades de cada base, preservando a coerência conceitual entre os termos: ("Biophilic design" OR "Bioclimatic architecture" OR "Bioconstructivity" OR "Green schools" OR "School infrastructure") AND ("Place-based education" OR "Silent curriculum" OR "Hidden curriculum" OR "Cognitive perception" OR "Environmental ontology") AND ("Semiarid" OR "Arid zones" OR "Caatinga" OR "Drylands").

A busca inicial resultou em 657 referências. Esse conjunto constituiu a base documental bruta a partir da qual foram aplicados os procedimentos de triagem, elegibilidade e seleção final. A amplitude inicial foi considerada necessária em razão da dispersão terminológica do campo, uma vez que muitos estudos abordam a relação entre natureza, aprendizagem, arquitetura escolar e desenvolvimento cognitivo sem empregar diretamente os termos “bioconstrutividade” ou “currículo silencioso”.

A estratégia de busca bibliográfica foi estruturada de modo a garantir abrangência temática, rigor metodológico e aderência epistemológica à problemática investigada.

Considerando o caráter transdisciplinar do estudo, optou-se pela combinação de descritores relacionados à arquitetura escolar, design biofílico, cognição incorporada, aprendizagem baseada no lugar e contextos semiáridos. As strings booleanas foram adaptadas às especificidades operacionais de cada base indexadora, preservando coerência conceitual entre os eixos temáticos do artigo. O levantamento ocorreu entre novembro de 2025 e abril de 2026, resultando em um conjunto inicial de 657 registros científicos submetidos posteriormente aos critérios de triagem e elegibilidade.

Tabela 1 - Estratégias de busca, descritores e operadores booleanos utilizados nas bases indexadoras

Base de dados	String de busca principal	Número inicial de resultados	Filtros aplicados	Resultados elegíveis após triagem
Scopus	("Biophilic design" OR "Bioclimatic architecture" OR "Green schools") AND ("Place-based education" OR "Silent curriculum" OR "Cognitive perception") AND ("Semiarid" OR "Drylands" OR "Caatinga")	214	Artigos revisados por pares; idiomas inglês, português e espanhol; áreas de Educação, Arquitetura e Ciências Ambientais	41
Web of Science	("Biophilic design" OR "School infrastructure") AND ("Place-based education" OR "Environmental ontology") AND ("Arid zones" OR "Semiarid")	167	Artigos completos; indexação principal; recorte temático em educação e sustentabilidade	36
ScienceDirect	("Biophilic schools" OR "Bioconstructivity") AND ("Learning" OR "Embodied cognition") AND ("Drylands" OR "Caatinga")	119	Periódicos científicos; acesso completo; exclusão de estudos estritamente técnicos	28
PubMed	("Biophilic design" OR "Natural environments") AND ("Cognitive performance" OR "Wellbeing") AND ("School environments")	58	Estudos com interface educacional; foco em cognição e saúde ambiental	14
SciELO	("Arquitetura bioclimática" OR "Escolas verdes") AND ("Educação baseada no lugar" OR "Cognição") AND ("Semiárido" OR "Caatinga")	61	Produção ibero-americana; artigos completos; áreas de educação e ambiente	19
Dialnet	("Place-based education" OR "Pedagogía del lugar") AND ("Arquitectura escolar" OR "Diseño biofílico")	38	Idiomas espanhol e português; periódicos revisados por pares	11

Fonte: Próprios autores.

A distribuição dos resultados evidencia que a produção científica relacionada à biofilia escolar, aprendizagem territorializada e cognição ambiental encontra-se fortemente concentrada em bases internacionais multidisciplinares, especialmente Scopus e Web of Science. Ainda assim, a presença de estudos relevantes em SciELO e Dialnet revelou a importância da literatura ibero-americana para compreender dimensões territoriais, culturais e pedagógicas vinculadas ao Semiárido e à educação contextualizada.

Observou-se também significativa dispersão terminológica entre os estudos, fator que justificou a adoção de descritores amplos e semanticamente complementares. Esse movimento metodológico foi decisivo para evitar o estreitamento prematuro do corpus e possibilitar uma síntese integrativa mais consistente entre arquitetura, cognição, sustentabilidade e pedagogia do lugar.

2.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos antes da triagem dos estudos, buscando reduzir vieses de seleção e assegurar correspondência direta entre corpus, pergunta de pesquisa e objetivos do artigo.

Foram incluídos estudos que atendessem aos seguintes critérios:

- artigos científicos empíricos, teóricos ou de revisão publicados em periódicos indexados;
- textos em português, inglês ou espanhol;
- estudos que abordassem escolas, ambientes de aprendizagem, arquitetura escolar, design biofílico, natureza, conforto ambiental, cognição, bem-estar ou educação baseada no lugar;
- pesquisas com interface explícita entre espaço físico, aprendizagem, desenvolvimento cognitivo, percepção ambiental ou pertencimento territorial;
- estudos realizados em contextos escolares ou educacionais, incluindo ambientes formais, informais ou híbridos de aprendizagem;

- produções capazes de contribuir para a formulação teórica da escola como ecossistema pedagógico, cognitivo ou socioambiental.

Foram excluídos os estudos que apresentaram uma ou mais das seguintes características:

- pesquisas sobre arquitetura hospitalar, corporativa, residencial ou urbana sem relação com processos educativos;
- estudos exclusivamente técnicos de engenharia civil, desempenho estrutural ou eficiência energética sem articulação com educação, cognição, saúde, bem-estar ou experiência escolar;
- editoriais, resenhas, cartas, resumos de congresso, notas breves e textos sem revisão por pares;
- publicações sem acesso ao texto completo;
- documentos duplicados entre bases;
- estudos cujo foco em natureza ou sustentabilidade não apresentasse relação substantiva com aprendizagem, escola ou desenvolvimento infantil e juvenil.

2.5 PROCESSO DE TRIAGEM E SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O processo de seleção seguiu um fluxo adaptado ao modelo PRISMA, organizado em quatro momentos: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Na fase de identificação, foram reunidos os 657 registros obtidos nas seis bases consultadas. Após a remoção de duplicidades, os títulos e resumos foram examinados quanto à aderência à pergunta de pesquisa, aos eixos conceituais e aos critérios previamente definidos.

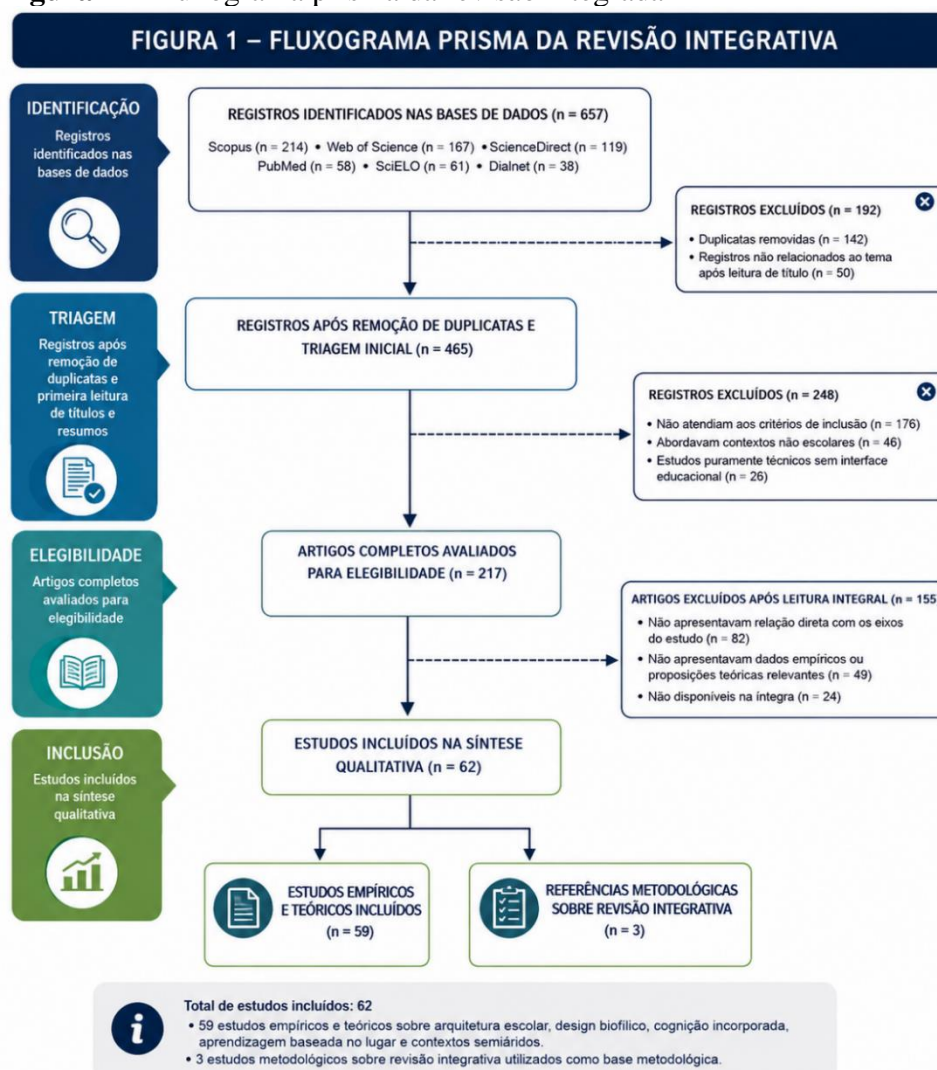
Na etapa de triagem, foram descartados estudos cuja relação com o objeto fosse apenas tangencial, especialmente aqueles centrados em sustentabilidade genérica, eficiência energética ou contato com a natureza sem interface educacional clara. A fase de elegibilidade envolveu leitura integral dos textos potencialmente relevantes, com atenção à consistência metodológica, à contribuição conceitual e à possibilidade de diálogo com os eixos de arquitetura bioclimática, design biofílico, cognição incorporada e Place-Based Education.

A seleção final priorizou estudos capazes de sustentar uma síntese integrativa transdisciplinar, evitando a simples acumulação de evidências fragmentadas. O corpus

definitivo foi composto por 28 referências, das quais 25 tratam diretamente dos campos teórico-empíricos do artigo e 3 fundamentam o método de Revisão Integrativa. Essa composição assegurou equilíbrio entre robustez metodológica, densidade conceitual e pertinência temática.

A representação gráfica do percurso metodológico permite visualizar, de forma sequencial e organizada, as etapas de refinamento do material bibliográfico, desde o levantamento inicial nas bases indexadoras até a definição dos estudos efetivamente incorporados à síntese qualitativa. O fluxograma também evidencia os critérios utilizados para exclusão dos registros, reforçando a consistência técnica do processo de seleção documental.

Figura 1 – Fluxograma prisma da revisão integrada



Fonte: Próprios autores.

A estrutura apresentada no fluxograma demonstra que a constituição do corpus final não ocorreu por acumulação indiscriminada de estudos, mas por sucessivos movimentos de depuração analítica e aderência epistemológica ao objeto investigado. Observa-se que parte significativa dos trabalhos inicialmente localizados foi excluída por ausência de interface direta entre arquitetura, educação, cognição e territorialidade, aspecto que evidencia a fragmentação ainda existente na literatura internacional sobre o tema. A seleção final privilegiou pesquisas capazes de sustentar uma leitura transdisciplinar da escola como ecossistema cognitivo, biofílico e territorializado, permitindo construir uma síntese crítica mais coerente com a problemática proposta neste estudo.

2.6 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS E CATEGORIZAÇÃO TEMÁTICA

A análise dos estudos selecionados foi conduzida por meio de leitura integral, extração sistemática de dados e interpretação qualitativa. A matriz analítica utilizada contemplou informações bibliográficas, objetivos, abordagem metodológica, população ou contexto investigado, resultados principais, limites apontados pelos autores e contribuição para a problemática deste artigo. Esse procedimento permitiu identificar convergências, tensões, lacunas e possibilidades de articulação entre campos ainda pouco integrados.

A categorização temática não foi definida de modo puramente apriorístico. Partiu-se dos eixos conceituais da pergunta de pesquisa, mas as categorias finais foram refinadas a partir da recorrência, densidade e capacidade explicativa dos achados. Desse processo emergiram três núcleos analíticos: conforto térmico, materialidade espacial e cognição incorporada; design biofílico como dispositivo pedagógico; e Place-Based Education, pertencimento e ontologia do Semiárido.

A síntese interpretativa seguiu a orientação de Torracco (2005), para quem a Revisão Integrativa deve ultrapassar a descrição acumulativa da literatura e produzir reorganização conceitual do campo investigado. Por essa razão, os resultados foram tratados como base para a proposição de um modelo teórico-conceitual da escola como ecossistema vivente, no qual arquitetura, corpo, cognição, natureza e território são compreendidos como dimensões interdependentes da experiência educativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CONFORTO TÉRMICO, MATERIALIDADE ESPACIAL E COGNIÇÃO INCORPORADA

Os estudos analisados convergem para a compreensão de que a ambiência térmica escolar interfere diretamente nos processos cognitivos, emocionais e comportamentais dos estudantes. Em contextos de calor intenso, como aqueles predominantes em zonas semiáridas, a inadequação arquitetônica deixa de representar apenas um problema de infraestrutura e passa a configurar uma variável pedagógica relevante. A literatura demonstra que temperaturas elevadas, baixa ventilação cruzada e deficiência de iluminação natural comprometem concentração, memória operacional, atenção sustentada e permanência em atividades cognitivamente complexas (Bernardo *et al.*, 2021; Scherer; Grigoletti, 2023).

A investigação desenvolvida por Bernardo *et al.* (2021), envolvendo salas de aula com presença de vegetação interna, identificou melhora significativa no desempenho atencional de crianças expostas a ambientes visualmente biofílicos. Os autores observaram que “the presence of greenery in classrooms contributes positively to cognitive restoration and attention recovery” (Bernardo *et al.*, 2021, p. 9). Tal constatação reforça a hipótese de que o ambiente escolar atua como modulador neurocognitivo, especialmente em cenários marcados por fadiga térmica e sobrecarga sensorial.

Sob outro ângulo, Scherer e Grigoletti (2023) demonstram que estratégias passivas de ventilação natural podem reduzir significativamente o desconforto térmico em salas de aula, ampliando condições fisiológicas mais adequadas à aprendizagem. A análise conduzida pelas autoras evidencia que ambientes escolares excessivamente aquecidos favorecem irritabilidade, exaustão cognitiva e perda de desempenho acadêmico. Não se trata apenas de conforto ambiental, mas de justiça cognitiva territorial. Em regiões semiáridas, a permanência de escolas construídas sob modelos padronizados de concreto e baixa adaptação climática revela a persistência de políticas educacionais incapazes de reconhecer as especificidades ecológicas do território.

Os achados de Ebrahimi Salari e Westbrook (2024) aprofundam essa discussão ao

apontarem que espacialidades escolares mais abertas, integradas ao movimento corporal e à circulação de ar favorecem experiências de bem-estar e aprendizagem informal. Os autores afirmam que ambientes mediados por espacialidades dinâmicas “support wellbeing through movement, interaction and environmental engagement” (Ebrahimi Salari; Westbrook, 2024, p. 628). A arquitetura escolar, nesse sentido, deixa de constituir simples suporte físico e passa a operar como dispositivo ativo de regulação perceptiva e cognitiva.

A materialidade arquitetônica também emerge como elemento simbólico e afetivo. Ambientes excessivamente mineralizados, impermeáveis e artificializados tendem a produzir experiências de distanciamento ecológico, sobretudo em estudantes que vivem em territórios historicamente marcados pela negação estética de seus biomas. A repetição de modelos escolares industrializados no Semiárido brasileiro revela, portanto, não apenas um déficit de planejamento climático, mas uma colonialidade espacial que invisibiliza a inteligência ecológica da Caatinga.

3.2 COGNIÇÃO INCORPORADA E ESPACIALIDADE EDUCATIVA

A perspectiva da cognição incorporada rompe com modelos tradicionais que compreendem a aprendizagem como atividade exclusivamente mental e descontextualizada. No campo da 4E Cognition, os processos cognitivos são concebidos como embodied, embedded, enacted e extended, ou seja, incorporados ao corpo, situados no ambiente, produzidos pela ação e expandidos pelas relações materiais e espaciais (Castro-Alonso *et al.*, 2024). Essa abordagem desloca radicalmente a compreensão da escola, uma vez que o ambiente físico deixa de ser cenário neutro da aprendizagem para tornar-se componente constitutivo da experiência cognitiva.

Macedonia (2019) argumenta que o corpo participa diretamente da consolidação da memória e da construção do conhecimento. Segundo a autora, “learning is deeply rooted in bodily interactions with the environment” (Macedonia, 2019, p. 2). Tal formulação possui implicações decisivas para a arquitetura escolar em regiões semiáridas. Se a cognição emerge da interação sensório-motora com o ambiente, espaços escolares termicamente hostis e ecologicamente empobrecidos comprometem não apenas o conforto físico, mas a própria

qualidade das experiências cognitivas.

Em diálogo com essa perspectiva, Castro-Alonso *et al.* (2024) defendem que pesquisas recentes em educação têm demonstrado crescente evidência sobre a relevância das condições ambientais na aprendizagem. Os autores observam que a cognição “is not confined to the brain but distributed across bodily and environmental interactions” (Castro-Alonso *et al.*, 2024, p. 5). Dessa maneira, ventilação, luminosidade, textura, vegetação e espacialidade tornam-se variáveis cognitivas e não meramente arquitetônicas.

A espacialidade educativa assume, portanto, papel epistemológico. Escolas concebidas como caixas térmicas de concreto tendem a reforçar pedagogias da imobilidade, da abstração e da dissociação ecológica. Em contrapartida, ambientes biofílicos e climaticamente adaptados favorecem experiências corporais mais dinâmicas, interações sensoriais ampliadas e maior integração entre aprendizagem, território e percepção ambiental. O espaço escolar transforma-se em extensão do sistema cognitivo do estudante.

3.3 A CRISE DA ESCOLA INDUSTRIAL EM TERRITÓRIOS SEMIÁRIDOS

Grande parte das escolas construídas em regiões semiáridas ainda reproduz padrões arquitetônicos desenvolvidos para contextos urbanos temperados e industrializados. A inadequação climática desses modelos evidencia uma contradição estrutural entre território, infraestrutura e experiência educativa. Ambientes escolares excessivamente quentes, impermeáveis e artificializados revelam não apenas falhas técnicas, mas uma racionalidade espacial dissociada das ecologias locais.

Duffy (2024), ao discutir escolas verticais contemporâneas, argumenta que muitos projetos educacionais permanecem presos a uma concepção funcionalista incapaz de integrar natureza, corporeidade e bem-estar. A autora sustenta que “the integration of nature into educational environments remains conceptually underdeveloped” (Duffy, 2024, p. 734). Essa constatação torna-se ainda mais crítica quando aplicada ao Semiárido, onde o afastamento entre arquitetura escolar e bioma local produz formas de estranhamento ecológico e desidentificação territorial.

As análises de Fisher (2024) reforçam esse diagnóstico ao evidenciar que escolas

biofílicas apresentam benefícios consistentes em saúde, desempenho acadêmico, pertencimento e bem-estar. O autor destaca que “biophilic schools contribute to improved concentration, emotional wellbeing and social engagement” (Fisher, 2024, p. 470). Em contraste, a permanência de modelos escolares industrializados em zonas áridas reproduz ambientes de desconexão ecológica que naturalizam a ideia do Semiárido como território hostil, improdutivo e esteticamente inferior.

Essa lógica materializa uma forma silenciosa de colonialidade espacial. Ao excluir elementos da paisagem local, materiais vernaculares, vegetação nativa e estratégias bioclimáticas adaptadas ao território, a escola reafirma epistemologias que historicamente associaram a Caatinga à carência e à precariedade. A crise da escola-concreto, portanto, não pode ser compreendida apenas como problema arquitetônico. Trata-se de uma crise ontológica e pedagógica relacionada às formas pelas quais o espaço escolar produz modos de sentir, perceber e habitar o Semiárido.

3.4 O DESIGN BIOFÍLICO COMO DISPOSITIVO PEDAGÓGICO

Os estudos examinados revelam crescente consenso acerca dos impactos positivos da relação com a natureza sobre aprendizagem, saúde emocional e desenvolvimento cognitivo. A biofilia, entendida como tendência humana de buscar conexão com sistemas vivos, vem sendo progressivamente incorporada às discussões sobre ambientes escolares e bem-estar estudantil. Em vez de funcionar apenas como recurso estético, a presença de elementos naturais emerge como componente restaurativo capaz de reduzir estresse fisiológico, ampliar atenção e fortalecer vínculos afetivos com o espaço educativo.

Kuo, Barnes e Jordan (2019) identificaram evidências convergentes de causalidade entre experiências com natureza e melhoria da aprendizagem. Os autores afirmam que “contact with nature appears to enhance learning through multiple pathways” (Kuo; Barnes; Jordan, 2019, p. 2), incluindo restauração atencional, redução do estresse e aumento da motivação. Tais resultados indicam que ambientes escolares biologicamente empobrecidos podem comprometer dimensões cognitivas fundamentais, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioambiental.

A revisão sistemática conduzida por Barrable *et al.* (2022), envolvendo educação infantil baseada na natureza, demonstrou benefícios significativos no desenvolvimento social, emocional e cognitivo das crianças. Os autores observaram melhoria em autonomia, interação social, resolução de problemas e regulação emocional em experiências educativas mediadas por ambientes naturais. Esses achados deslocam o debate da natureza como recurso complementar para a natureza como dimensão constitutiva da aprendizagem.

Chawla (2020) acrescenta que a conexão com a natureza possui importante função psicossocial diante das crises ambientais contemporâneas. A autora argumenta que vínculos ecológicos fortalecem aquilo que denomina “constructive hope”, permitindo que crianças e jovens desenvolvam respostas emocionalmente mais resilientes frente às perdas ambientais. Em regiões semiáridas frequentemente representadas por discursos de escassez e degradação, essa dimensão torna-se particularmente relevante, pois a biofilia pode operar como mecanismo de reconstrução simbólica do pertencimento territorial.

3.5 ESCOLAS BIOFÍLICAS E ECOSISTEMAS DE APRENDIZAGEM

Os resultados da literatura internacional indicam que escolas biofílicas tendem a produzir efeitos positivos não apenas sobre indicadores de desempenho acadêmico, mas também sobre bem-estar, pertencimento, criatividade e interação social. A presença de vegetação, iluminação natural, ventilação cruzada, materiais orgânicos e espacialidades mais abertas aparece associada a melhores experiências educacionais em diferentes contextos culturais.

Browning e Determan (2024) sintetizam evidências segundo as quais escolas biofílicas favorecem redução de estresse, aumento da concentração e fortalecimento da conexão emocional com o ambiente escolar. Para os autores, “biophilic schools support cognitive performance and emotional wellbeing simultaneously” (Browning; Determan, 2024, p. 485). Essa simultaneidade é central para compreender a escola não apenas como espaço de instrução, mas como ecossistema de desenvolvimento humano.

Gray e Downie (2024) ampliam essa discussão ao proporem o conceito de thriving school ecosystems. As autoras defendem que ambientes educativos sustentáveis devem integrar

ciência do bem-estar, biofilia e pensamento sistêmico. Segundo o estudo, escolas concebidas como ecossistemas vivos favorecem relações mais complexas entre aprendizagem, ambiente e saúde coletiva. A arquitetura escolar deixa, então, de ser pensada como infraestrutura estática e passa a ser concebida como organismo relacional.

O trabalho de Ghaziani e Fisher (2025) reforça essa perspectiva ao demonstrar que escolas biofílicas contribuem para saúde física, equilíbrio emocional e qualidade das experiências pedagógicas. Os autores observam que estudantes expostos a ambientes escolares biologicamente integrados apresentam maiores níveis de satisfação, engajamento e sensação de pertencimento. Em paralelo, Fisher (2024) destaca que a literatura recente tem consolidado uma “evidence-based understanding of biophilic schools” (Fisher, 2024, p. 460), revelando impactos consistentes em múltiplas dimensões do desenvolvimento estudantil.

Nesse contexto, a ideia de escola como ecossistema ganha densidade analítica. Não se trata apenas de adicionar vegetação a edifícios convencionais, mas de reorganizar a lógica espacial da aprendizagem a partir de princípios ecológicos, sensoriais e relacionais. A escola biofílica emerge como contraponto à racionalidade arquitetônica industrial que historicamente predominou nos territórios semiáridos.

3.6 ESTRATÉGIAS BIOFÍLICAS PARA AMBIENTES ESCOLARES

As pesquisas analisadas identificam um conjunto diversificado de estratégias biofílicas aplicáveis aos ambientes escolares, envolvendo integração vegetal, ventilação passiva, iluminação natural, materiais orgânicos, pátios verdes, estímulos sensoriais e espacialidades abertas ao contato ecológico. Tais elementos não atuam isoladamente. Seu impacto decorre da articulação entre conforto ambiental, percepção afetiva e experiência pedagógica.

Ghaziani, Lemon e Atmodiwirjo (2021) propõem padrões biofílicos específicos para escolas primárias, destacando a importância de vistas naturais, presença de água, diversidade sensorial e conexão visual com paisagens externas. As autoras argumentam que “children prefer learning environments that foster sensory engagement with nature” (Ghaziani; Lemon; Atmodiwirjo, 2021, p. 11). Essa dimensão sensorial mostra-se particularmente relevante para contextos semiáridos, nos quais sombra, ventilação e vegetação nativa possuem papel decisivo

na experiência espacial cotidiana.

As contribuições de Leif e Loftness (2024) evidenciam que intervenções biofílicas em escolas já existentes podem produzir ganhos significativos em saúde e desempenho. O estudo destaca melhorias relacionadas à qualidade do ar, redução de fadiga e aumento da produtividade estudantil. Lanzaro e Ucci (2024), por sua vez, identificaram que professores e responsáveis percebem impactos positivos das condições biofílicas sobre bem-estar infantil, concentração e interação social.

A pesquisa desenvolvida por Ghaziani (2025) amplia esse debate ao investigar preferências infantis em relação ao design biofílico escolar. Os resultados apontam forte valorização de ambientes verdes, luminosidade natural, espaços abertos e integração com elementos vivos. Mais do que preferência estética, esses fatores revelam formas de construção subjetiva do pertencimento e da segurança emocional dentro da escola.

Os estudos analisados identificaram um conjunto consistente de estratégias biofílicas aplicadas a ambientes escolares, evidenciando impactos simultâneos sobre cognição, bem-estar emocional, interação social e qualidade das experiências pedagógicas. A recorrência desses elementos na literatura demonstra que a biofilia escolar não se restringe à incorporação decorativa de vegetação, mas envolve reorganizações espaciais capazes de alterar modos de perceber, sentir e experienciar a aprendizagem. A sistematização apresentada a seguir sintetiza as principais estratégias biofílicas encontradas no corpus da revisão integrativa, bem como seus respectivos efeitos cognitivos, socioemocionais e pedagógicos.

Tabela 2 - Estratégias biofílicas e seus impactos pedagógicos, cognitivos e socioemocionais

Estratégia biofílica	Benefício cognitivo	Benefício socioemocional	Impacto pedagógico	Referência-base
Presença de vegetação em salas de aula	Recuperação atencional e melhora da concentração	Redução do estresse e sensação de conforto	Ampliação do engajamento e da permanência nas atividades	Bernardo <i>et al.</i> (2021)
Ventilação natural e circulação de ar	Redução da fadiga cognitiva	Sensação térmica mais confortável	Melhoria das condições de aprendizagem em climas extremos	Scherer e Grigoletti (2023)
Iluminação natural	Estímulo à atenção e ao desempenho cognitivo	Bem-estar visual e emocional	Ambientes mais propícios à aprendizagem	Leif e Loftness (2024)

			prolongada	
Integração visual com paisagens naturais	Fortalecimento da percepção ambiental	Sentimento de pertencimento ecológico	Aproximação entre currículo e território	Baber e Cleveland (2024)
Pátios verdes e espaços externos de aprendizagem	Estímulo à criatividade e aprendizagem experiencial	Interação social e redução da ansiedade	Ampliação de práticas pedagógicas participativas	Van den Bogerd <i>et al.</i> (2023)
Materiais naturais e texturas orgânicas	Estímulo sensorial e percepção espacial	Sensação de acolhimento	Ambientes mais humanizados e menos artificializados	Ghaziani, Lemon e Atmodiwirjo (2021)
Espaços abertos ao movimento corporal	Integração corpo-ambiente-aprendizagem	Sensação de autonomia e liberdade	Fortalecimento de aprendizagens incorporadas	Ebrahimi Salari e Westbrook (2024)
Ambientes multissensoriais biofílicos	Ampliação da experiência perceptiva	Equilíbrio emocional e segurança afetiva	Aprendizagens mais significativas e contextualizadas	Ghaziani (2025)
Conexão entre escola e ecossistemas locais	Desenvolvimento da cognição ecológica	Reconexão territorial e identidade ambiental	Educação baseada no lugar e cidadania ecológica	Gonzalez (2023); Cicchino <i>et al.</i> (2023)
Ecossistemas escolares integrados	Integração entre bem-estar, cognição e sustentabilidade	Fortalecimento do senso comunitário	Consolidação da escola como sistema vivo de aprendizagem	Gray e Downie (2024); Fisher (2024)

Fonte: Próprios autores.

A sistematização apresentada evidencia que os impactos das estratégias biofílicas extrapolam dimensões estritamente ambientais ou estéticas. Os achados demonstram forte convergência entre conforto térmico, cognição, bem-estar emocional e qualidade pedagógica, sugerindo que a organização espacial da escola participa ativamente da produção das experiências educativas.

Nesse sentido, vegetação, ventilação, luminosidade e integração ecológica deixam de ser elementos acessórios e passam a constituir componentes estruturais da aprendizagem. Os resultados corroboram a compreensão defendida por Kuo, Barnes e Jordan (2019) de que a relação com a natureza influencia diretamente processos atencionais, emocionais e cognitivos.

Outro aspecto relevante refere-se à capacidade das estratégias biofílicas de fortalecer vínculos territoriais e experiências de pertencimento ecológico. Estudos como os de Baber e Cleveland (2024) e Gonzalez (2023) indicam que ambientes escolares integrados às paisagens locais favorecem identificação simbólica com o território e maior engajamento nas práticas

educativas.

Em contextos semiáridos, essa dimensão assume relevância ainda maior, uma vez que a integração entre arquitetura escolar, bioma e pedagogia pode contribuir para romper narrativas históricas de negação estética da Caatinga. A biofilia escolar emerge, assim, não apenas como estratégia de conforto ambiental, mas como prática de reconstrução ontológica do lugar e de ressignificação das relações entre sujeito, escola e território.

3.7 PLACE-BASED EDUCATION E A ONTOLOGIA DO SEMIÁRIDO

A Place-Based Education desloca o foco da aprendizagem abstrata para experiências pedagógicas territorialmente situadas, reconhecendo o espaço vivido como componente constitutivo do conhecimento. Essa perspectiva rompe com currículos homogêneos e universalizantes ao defender que o território não representa apenas cenário da aprendizagem, mas agente ativo da formação cognitiva, cultural e ecológica.

Gonzalez (2023) argumenta que práticas educativas territorializadas favorecem aprendizagens cognitivas, socioemocionais e comportamentais relacionadas à sustentabilidade. A autora observa que experiências baseadas no lugar ampliam a capacidade dos estudantes de interpretar criticamente problemas ambientais e reconhecer interdependências ecológicas. Em direção semelhante, Yemini, Engel e Ben Simon (2025) identificam que a Place-Based Education fortalece pertencimento comunitário, engajamento estudantil e cidadania ambiental em diferentes contextos educacionais.

Jordan e Chawla (2019) ressaltam que a aprendizagem mediada pela natureza necessita de agendas pedagógicas coordenadas e territorialmente contextualizadas. Segundo os autores, experiências educativas ambientalmente situadas favorecem desenvolvimento integral ao aproximar percepção ecológica, participação comunitária e experiência concreta do lugar. Em territórios semiáridos, essa abordagem possui implicações particularmente relevantes, uma vez que permite deslocar representações históricas da Caatinga como espaço de ausência para compreendê-la como ecologia viva, complexa e pedagogicamente potente.

3.8 ECOLOGIA, PERTENCIMENTO E CIDADANIA AMBIENTAL

A literatura analisada demonstra que o vínculo ecológico com o território constitui dimensão central para o desenvolvimento de cidadania ambiental e engajamento socioecológico. A aprendizagem territorializada favorece formas mais críticas de participação ambiental porque conecta conhecimento, experiência cotidiana e pertencimento comunitário.

Cicchino *et al.* (2023) defendem uma pedagogia crítica do lugar orientada ao fortalecimento do engajamento ecológico. Os autores sustentam que práticas educativas conectadas às realidades ambientais locais ampliam consciência crítica e responsabilidade coletiva diante das crises ecológicas contemporâneas. Já Sturrock e Zandvliet (2023) identificaram que ambientes educativos territorializados contribuem para formação cidadã, colaboração social e fortalecimento da identidade ecológica.

As contribuições de Van den Bogerd *et al.* (2023) aprofundam essa discussão ao propor um framework conceitual sobre pátios escolares verdes e desenvolvimento saudável infantil. O estudo demonstra que ambientes escolares ecologicamente integrados favorecem atividade física, interação social, bem-estar emocional e conexão ambiental. Tais resultados sugerem que a ecologia escolar participa diretamente da constituição subjetiva dos estudantes, influenciando modos de perceber, sentir e habitar o território.

3.9 A RECONEXÃO ONTOLÓGICA COM O SEMIÁRIDO

Um dos aspectos mais significativos identificados na revisão refere-se à possibilidade de reconexão ontológica entre estudantes e territórios semiáridos por meio da arquitetura biofílica e da aprendizagem baseada no lugar. A escola, nesse contexto, deixa de reproduzir imaginários coloniais de escassez e passa a atuar como mediadora de novas formas de relação com o bioma.

Baber e Cleveland (2024), ao investigarem escolas verticais biofílicas, observaram que experiências espaciais integradas à natureza fortalecem o sense of place entre adolescentes. Os autores afirmam que “biophilic environments enhance emotional attachment to place” (Baber; Cleveland, 2024, p. 682). Ainda que o estudo tenha sido realizado na Austrália, suas

implicações dialogam diretamente com o Semiárido brasileiro, sobretudo na medida em que pertencimento ecológico e experiência espacial se articulam à construção identitária.

Riveiro-Rodríguez *et al.* (2021) destacam que práticas educativas territorializadas favorecem valorização patrimonial e fortalecimento das relações culturais com o lugar. Em contextos semiáridos, isso significa reconhecer a Caatinga não como paisagem de déficit, mas como território produtor de saberes ecológicos, estéticos e pedagógicos.

A crítica à colonialidade espacial torna-se inevitável nesse debate. A permanência de escolas padronizadas, desconectadas do clima e das materialidades locais, reforça percepções de inadequação ambiental e inferiorização territorial. Gray e Downie (2024) defendem que ecossistemas escolares sustentáveis precisam considerar interações entre ambiente, cultura e bem-estar humano. Quando aplicada ao Semiárido, essa perspectiva permite compreender a bioconstrutividade não apenas como técnica arquitetônica, mas como prática de descolonização espacial e reconexão ontológica com a Caatinga.

3.10 PROPOSIÇÃO DO MODELO TEÓRICO-CONCEITUAL DA “ESCOLA-ECOSSISTEMA”

A análise integrativa da literatura evidencia que arquitetura escolar, biofilia, cognição incorporada e aprendizagem territorializada não constituem campos isolados. Os estudos convergem para uma compreensão ecológica da aprendizagem, na qual corpo, ambiente, percepção e território operam em permanente interdependência. O conforto térmico influencia desempenho cognitivo; a presença de natureza favorece restauração emocional; espacialidades biofílicas fortalecem pertencimento; e práticas educativas contextualizadas ampliam consciência ecológica e identidade territorial.

Essa articulação revela a insuficiência de modelos escolares fundamentados exclusivamente em racionalidades construtivas industrializadas. A aprendizagem emerge, segundo os achados, de relações ecológicas complexas entre materialidade, sensorialidade, corporeidade e experiência territorial.

A partir da síntese realizada, propõe-se o conceito de Escola-Ecosistema como modelo teórico capaz de integrar dimensões arquitetônicas, cognitivas, ecológicas e ontológicas da

experiência educativa. A escola deixa de ser concebida como recipiente neutro de transmissão de conteúdos e passa a ser compreendida como sistema vivo de interações biofísicas, sensoriais e pedagógicas.

Fisher (2024) e Gray e Downie (2024) demonstram que ambientes escolares ecologicamente integrados favorecem bem-estar, aprendizagem e desenvolvimento humano. Sob outra perspectiva, Castro-Alonso *et al.* (2024) e Macedonia (2019) evidenciam que cognição e ambiente formam sistemas indissociáveis. Gonzalez (2023), por sua vez, reforça que o território constitui componente ativo da aprendizagem. A articulação desses achados sustenta a compreensão de que a escola opera como ecossistema cognitivo territorializado.

Nesse modelo, ventilação, vegetação, luz, textura, sombra, paisagem e corporeidade deixam de ser elementos periféricos e passam a constituir parte do próprio processo educativo. A territorialidade torna-se incorporada à aprendizagem.

3.11 A PEDAGOGIA BIOCLIMÁTICA DO SEMIÁRIDO

Os resultados desta revisão permitem formular o conceito de Pedagogia Bioclimática do Semiárido como campo transdisciplinar voltado à integração entre arquitetura adaptativa, biofilia, cognição incorporada e aprendizagem territorializada em contextos áridos e semiáridos. Trata-se de uma perspectiva que reconhece o clima, o território e a ecologia local como componentes estruturantes da experiência educativa.

Essa formulação possui implicações importantes para políticas públicas e planejamento escolar. Em vez de reproduzir modelos arquitetônicos homogêneos e climaticamente inadequados, a infraestrutura educacional poderia incorporar estratégias bioclimáticas contextualizadas, materiais vernaculares, vegetação nativa e espacialidades ecologicamente responsivas.

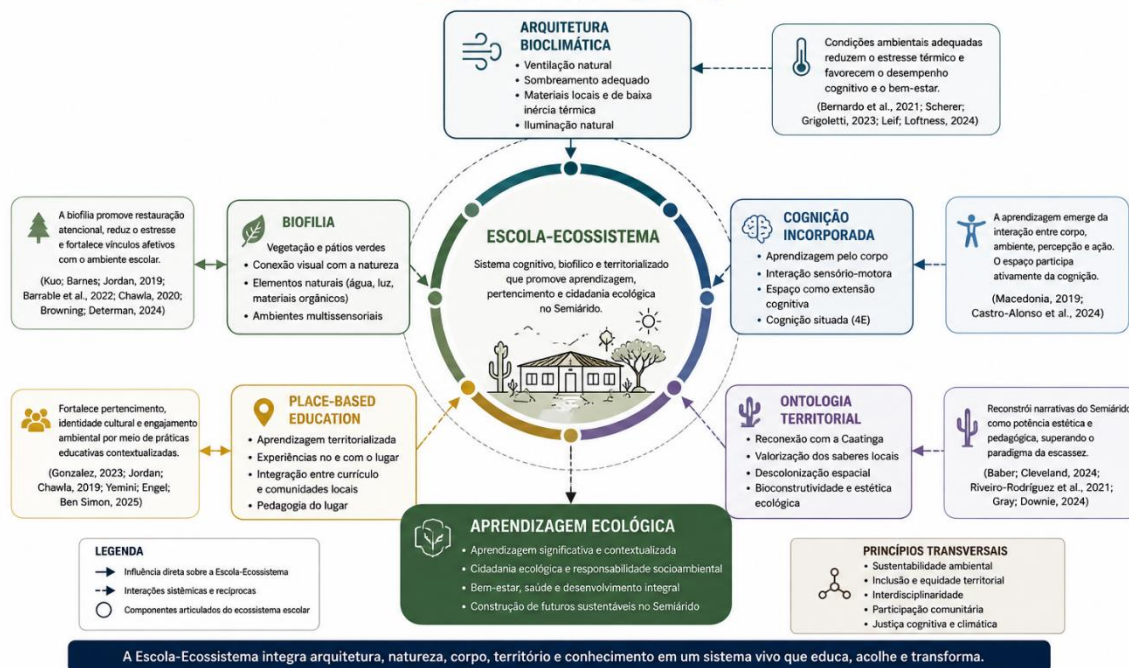
A Pedagogia Bioclimática do Semiárido também desloca o debate educacional para além do currículo formal. O ambiente escolar passa a ser compreendido como linguagem pedagógica silenciosa capaz de produzir pertencimento, consciência ecológica e reconexão ontológica com a Caatinga. Nesse sentido, a escola deixa de ensinar apenas sobre o território e passa a ensinar a partir dele, com ele e por meio dele.

A partir da síntese integrativa dos estudos selecionados, foi elaborado um modelo teórico-conceitual destinado a representar as relações sistêmicas entre arquitetura bioclimática, biofilia, cognição incorporada, aprendizagem baseada no lugar e ontologia territorial no contexto do Semiárido. O esquema proposto busca ultrapassar interpretações fragmentadas da infraestrutura escolar, compreendendo a escola como ecossistema vivente no qual espaço, corpo, ambiente e aprendizagem constituem dimensões interdependentes. A Figura 2 sistematiza visualmente essa articulação conceitual e apresenta a base epistemológica daquilo que, neste estudo, denomina-se Escola-Ecossistema.

Figura 2 – Modelo teórico-conceitual da Escola-Ecossistema no Semiárido

Figura 2 – Modelo Teórico-Conceitual da Escola-Ecossistema no Semiárido

Integração entre arquitetura bioclimática, biofilia, cognição incorporada, aprendizagem baseada no lugar, ontologia territorial e aprendizagem ecológica



Fonte: Próprios autores.

O modelo evidencia que a aprendizagem não emerge exclusivamente de conteúdos curriculares formais, mas de interações ecológicas complexas entre materialidade arquitetônica, experiência corporal, percepção ambiental e territorialidade. A integração entre ventilação natural, vegetação, iluminação, espacialidade sensorial e aprendizagem situada favorece ambientes capazes de reduzir estresse térmico, ampliar bem-estar e fortalecer vínculos

cognitivos e afetivos com o território. Tal compreensão dialoga diretamente com os estudos de Macedonia (2019) e Castro-Alonso *et al.* (2024), que concebem a cognição como fenômeno incorporado e ambientalmente distribuído, bem como com as análises de Fisher (2024) e Gray e Downie (2024), que defendem a escola biofílica como ecossistema de desenvolvimento humano.

Outro aspecto central do modelo refere-se à dimensão ontológica da aprendizagem no Semiárido. Ao integrar Place-Based Education, biofilia e arquitetura territorialmente contextualizada, a Escola-Ecossistema rompe com paradigmas históricos que associaram a Caatinga à escassez e à precariedade. O território passa a ser compreendido como fonte de conhecimento, sensibilidade ecológica e pertencimento cultural. Nessa perspectiva, a bioconstrutividade deixa de representar apenas solução técnica adaptativa e assume papel político-pedagógico de reconexão com o bioma.

As contribuições de Gonzalez (2023), Cicchino *et al.* (2023), Baber e Cleveland (2024) e Riveiro-Rodríguez *et al.* (2021) reforçam essa interpretação ao demonstrar que experiências educativas territorializadas ampliam cidadania ecológica, identidade ambiental e engajamento comunitário. O modelo proposto sugere, portanto, que a transformação da escola em ecossistema vivente constitui não apenas inovação arquitetônica, mas mudança epistemológica nas formas de ensinar, aprender e habitar o Semiárido.

Os resultados desta revisão integrativa demonstram que a relação entre arquitetura escolar, biofilia, cognição incorporada e aprendizagem territorializada não pode mais ser tratada como campo periférico das discussões educacionais contemporâneas. As evidências analisadas revelam que o espaço físico escolar participa ativamente da produção das experiências cognitivas, afetivas e ontológicas dos estudantes, sobretudo em contextos semiáridos marcados por vulnerabilidades climáticas e históricas invisibilizações territoriais.

A permanência de modelos arquitetônicos industrializados, termicamente inadequados e ecologicamente dissociados da Caatinga reproduz formas silenciosas de alienação espacial e empobrecimento sensorial da aprendizagem. Em contrapartida, escolas concebidas sob princípios biofílicos, bioclimáticos e territorialmente contextualizados mostram potencial para fortalecer pertencimento, bem-estar, atenção, engajamento ecológico e construção identitária.

Nesse horizonte, a noção de Escola-Ecossistema emerge como síntese teórica capaz de

integrar corpo, ambiente, território e aprendizagem em uma perspectiva ecologicamente situada, abrindo caminho para a consolidação da Pedagogia Bioclimática do Semiárido como campo crítico, transdisciplinar e epistemologicamente inovador.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa permitiu compreender que o espaço escolar não constitui elemento secundário da aprendizagem, mas componente ativo da experiência cognitiva, afetiva e ontológica dos estudantes. Ao reunir evidências provenientes dos campos da arquitetura biofílica, cognição incorporada, Place-Based Education e sustentabilidade educacional, o estudo demonstrou que ambientes escolares climaticamente inadequados e ecologicamente artificializados tendem a comprometer bem-estar, pertencimento territorial e qualidade das experiências pedagógicas, sobretudo em contextos semiáridos.

A permanência do modelo escolar industrial no Semiárido revela, portanto, não apenas insuficiências técnicas de infraestrutura, mas a continuidade de racionalidades espaciais dissociadas das ecologias locais e das singularidades da Caatinga.

Em contraposição a essa lógica, os achados indicam que a integração entre bioconstrutividade, design biofílico e aprendizagem territorializada possui potencial para transformar a escola em ecossistema vivente de aprendizagem. A noção de Escola-Ecossistema, proposta neste artigo, consolida-se como contribuição teórica capaz de articular arquitetura, corpo, território e cognição em uma perspectiva relacional e ecologicamente situada. Nesse mesmo horizonte, a formulação da Pedagogia Bioclimática do Semiárido inaugura um campo interpretativo voltado à compreensão da infraestrutura escolar como mediação pedagógica, climática e ontológica, deslocando o debate educacional para além do currículo formal e incorporando o ambiente como dimensão constitutiva do aprender.

As implicações desse debate alcançam diretamente o campo das políticas públicas. Pensar escolas para o Semiárido exige superar modelos construtivos padronizados e reconhecer que sustentabilidade educacional depende de arquiteturas climaticamente responsivas, territorialmente contextualizadas e socialmente sensíveis. Ventilação natural, sombreamento adequado, integração com vegetação nativa, uso de materiais locais e espacialidades abertas à

experiência ecológica não representam apenas soluções técnicas, mas estratégias de justiça climática e cognitiva em regiões historicamente marcadas pela marginalização territorial.

Ainda que a revisão tenha possibilitado uma síntese crítica robusta, algumas limitações precisam ser reconhecidas. A literatura sobre arquitetura escolar biofílica aplicada especificamente ao Semiárido brasileiro ainda permanece relativamente dispersa, assim como são escassos estudos empíricos que investiguem conjuntamente desempenho cognitivo, percepção ambiental e ambiência arquitetônica em escolas da Caatinga. Pesquisas futuras poderão aprofundar análises neurocognitivas, avaliações ambientais e investigações interdisciplinares em contextos escolares semiáridos, ampliando o diálogo entre educação, arquitetura, ecologia e saúde ambiental.

Em última instância, este estudo sustenta que educar no Semiárido não significa apenas ensinar conteúdos em uma região de clima extremo. Significa construir espaços capazes de reconciliar aprendizagem, território e existência. Quando a escola reconhece a inteligência ecológica da Caatinga, o ambiente deixa de ser mero abrigo da educação e passa a participar da formação de sujeitos que aprendem não apesar do Semiárido, mas a partir dele, com ele e em relação profunda com suas paisagens, seus ritmos e suas formas de vida.

REFERÊNCIAS

BABER, Tania; CLEVELAND, Benjamin. Biophilia and adolescents' sense of place in Australian vertical schools. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 3, p. 668-691, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/architecture4030035>.

BARRABLE, Alexia; BOOTH, David; ADAMS, Dylan; BEAUCHAMP, Gary. Nature-based early childhood education and children's social, emotional and cognitive development: a mixed-methods systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 19, n. 10, p. 5967, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19105967>.

BERNARDO, Fátima; LOUPA-RAMOS, Isabel; MATOS SILVA, Catarina; MANSO, Maria. The restorative effect of the presence of greenery on the classroom in children's cognitive performance. **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 6, p. 3488, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13063488>.

BROWNING, William; DETERMAN, John. Outcomes of biophilic schools. **Architecture**,

Basel, v. 4, n. 3, p. 479-492, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture4030026>.

CASTRO-ALONSO, Juan C.; AYRES, Paul; ZHANG, Shujie; DE KONING, Björn B.; PAAS, Fred. Research avenues supporting embodied cognition in learning and instruction. **Educational Psychology Review**, Dordrecht, v. 36, n. 1, art. 10, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1007/s10648-024-09847-4>.

CHAWLA, Louise. Childhood nature connection and constructive hope: a review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. **People and Nature**, London, v. 2, n. 3, p. 619-642, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>.

CICCHINO, Amanda S.; WEINBERG, Andrea E.; MCMEEKING, Laura B. Sample; BALGOPAL, Meena M. Critical pedagogy of place to enhance ecological engagement activities. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 37, n. 2, e14023, 2023. Disponível em:
<https://doi.org/10.1111/cobi.14023>.

DUFFY, Anne. The “nature” of vertical school design: an evolving concept. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 3, p. 730-744, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture4030038>.

EBRAHIMI SALARI, Elham; WESTBROOK, Nigel. Ascending to well-being through mediated spaces: an alternative to informal learning and physical activity environments in vertical schools. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 3, p. 613-638, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture4030032>.

FISHER, Kenn. The biophilic school: a critical synthesis of evidence-based systematic literature reviews. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 3, p. 457-478, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture4030025>.

GHAZIANI, Rokhshid. Re-thinking biophilic design for primary schools: exploring children’s preferences. **Architecture**, Basel, v. 5, n. 3, art. 42, 2025. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture5030042>.

GHAZIANI, Rokhshid; FISHER, Kenn. Biophilic school design for health and wellbeing. **Architecture**, Basel, v. 5, n. 3, art. 65, 2025. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/architecture5030065>.

GHAZIANI, Rokhshid; LEMON, Mark; ATMODIWIRJO, Paramita. Biophilic design patterns for primary schools. **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 21, p. 12207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su132112207>.

GONZALEZ, Felicity Hernandez. Exploring the affordances of place-based education for advancing sustainability education: the role of cognitive, socio-emotional and behavioural learning. **Education Sciences**, Basel, v. 13, n. 7, p. 676, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/educsci13070676>.

GRAY, Fiona; DOWNIE, Andrea. Designing thriving school ecosystems: the synergy of biophilic design, wellbeing science, and systems science. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 3, p. 594-612, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/architecture4030031>.

JORDAN, Cathy; CHAWLA, Louise. A coordinated research agenda for nature-based learning. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 10, art. 766, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00766>.

KUO, Ming; BARNES, Michael; JORDAN, Cathy. Do experiences with nature promote learning? Converging evidence of a cause-and-effect relationship. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 10, art. 305, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00305>.

LANZARO, Bethania; UCCI, Marcella. Teacher and parent perception of biophilic conditions in primary school environments and their impact on children's wellbeing. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 2, p. 367-389, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/architecture4020021>.

LEIF, Kari; LOFTNESS, Vivian. A toolkit of biophilic interventions for existing schools to enhance student and faculty health and performance. **Architecture**, Basel, v. 4, n. 2, p. 445-456, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/architecture4020024>.

MACEDONIA, Manuela. Embodied learning: why at school the mind needs the body. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 10, art. 2098, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02098>.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>

RIVEIRO-RODRÍGUEZ, Tania; DOMÍNGUEZ-ALMANSA, Andrés; LÓPEZ FACAL, Ramón; IZQUIERDO RUS, Tomás. Place-based education and heritage education in in-service teacher training: research on teaching practices in secondary schools in Galicia. **Humanities and Social Sciences Communications**, London, v. 8, art. 20, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/s41599-020-00689-3>.

SCHERER, Paula; GRIGOLETTI, Giane de Campos. Avaliação de estratégias de ventilação natural para salas de aula em clima subtropical úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 23-57, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000100648>.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106,

2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>

STURROCK, Gwen R.; ZANDVLIET, David B. Citizenship outcomes and place-based learning environments in an integrated environmental studies program. **Education Sciences**, Basel, v. 13, n. 3, p. 292, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci13030292>.

TORRACO, Richard J. Writing integrative literature reviews: guidelines and examples. **Human Resource Development Review**, Thousand Oaks, v. 4, n. 3, p. 356-367, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>

VAN DEN BOGERD, Nicole; HOVINGA, Dieuwke; HIEMSTRA, Jelle A.; MAAS, Jolanda. The potential of green schoolyards for healthy child development: a conceptual framework. **Forests**, Basel, v. 14, n. 4, p. 660, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f14040660>.

YEMINI, Miri; ENGEL, Laura; BEN SIMON, Adi. Place-based education: a systematic review of literature. **Educational Review**, Abingdon, v. 77, n. 2, p. 640-660, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00131911.2023.2177260>.