

TIJOLOS DE ADOBE E ALVENARIA RACIONALIZADA: sustentabilidade e otimização na construção de habitações populares em assentamentos rurais

Guilherme Ferreira Duarte

gfd@discente.ifpe.edu.br

Yuri Barros Lima de Moraes

yurimoares@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A construção civil desempenha papel central no desenvolvimento socioeconômico, porém é responsável por elevados impactos ambientais e elevado consumo de recursos naturais. Este estudo teve como objetivo investigar a aplicação de tijolos de adobe associados aos princípios da alvenaria racionalizada na produção de habitações populares em assentamentos rurais. A pesquisa adotou abordagem qualitativa e caráter aplicado, fundamentada em revisão bibliográfica e normativa, com destaque para a ABNT NBR 16814:2020, além do desenvolvimento de um estudo de caso por meio da modelagem de um projeto alvenaria racionalizada com softwares de desenho assistido por computador. Os resultados demonstram que o adobe, por utilizar matéria-prima local e não demandar processo de queima, apresenta significativo potencial de redução de impacto ambiental. Quando combinado à alvenaria racionalizada, o sistema contribui para a diminuição do desperdício de materiais e maior eficiência construtiva. A pesquisa confirmou a nível de projeto que a associação entre o uso do adobe e técnicas de alvenaria racionalizada configura uma alternativa viável para a construção de habitações populares em áreas rurais, alinhada às diretrizes de sustentabilidade e às demandas sociais contemporâneas.

Palavras-chave: Bioconstrução; Tijolo de terra crua; Alvenaria racionalizada; Sustentabilidade; Habitações populares.

ABSTRACT

Civil construction plays a central role in socioeconomic development; however, it is responsible for significant environmental impacts and high consumption of natural resources. In this context, this study aimed to investigate the application of adobe bricks associated with the principles of rationalized masonry in the production of social

housing in rural settlements. The research adopted a qualitative and applied approach, based on a bibliographic and normative review, with emphasis on ABNT NBR 16814:2020, in addition to the development of a case study through the modeling of a rationalized masonry project using computer-aided design software. The results demonstrate that adobe, by using local raw materials and not requiring a firing process, presents significant potential for reducing environmental impact. When combined with rationalized masonry, the system contributes to reduced material waste and greater construction efficiency. Therefore, it is concluded that the association between the use of adobe and rationalized masonry techniques constitutes a viable alternative for the construction of social housing in rural areas, aligned with sustainability guidelines and contemporary social demands.

Keywords: Bioconstruction; Raw earth brick; Rationalized masonry; Sustainability; Popular housing.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil desempenha papel central no desenvolvimento socioeconômico, porém enfrenta o desafio de seus elevados impactos ambientais e o alto consumo de recursos naturais. Nesse cenário, a busca por meios construtivos sustentáveis e técnicas que reduzam resíduos assume um papel importante para o setor. O uso do adobe (tijolo de terra crua) surge como alternativa viável, especialmente quando associado a metodologia de alvenaria racionalizada. Conforme destacam Santos e Bessa (2020), o adobe é uma técnica vernacular que, após um período de declínio devido à industrialização, ressurgiu com potencial de aplicação devido ao seu baixo impacto ambiental e adequação à sustentabilidade.

Diante do exposto, o presente estudo justifica-se pela necessidade de investigar alternativas construtivas que atendam simultaneamente aos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Nesse contexto, a utilização de tijolos de terra crua, associada aos princípios da alvenaria racionalizada, apresenta-se como uma solução promissora para habitações de interesse social (HIS). Conforme apontado por Pereira (2014), o adobe configura-se como um material ambiental e socialmente viável, uma vez que não requer processo de queima, utiliza predominantemente energia solar em sua cura e emprega matéria-prima abundante, de baixo custo e, em muitos casos, disponível no próprio local da obra.

Contudo, para que o uso do adobe seja eficiente em escala, é necessário desenvolver projetos pautados em boas práticas de engenharia. A alvenaria racionalizada tem como base a otimização de recursos por meio de planejamento detalhado, modulação dimensional e integração entre os projetos e execução, contribuindo para a minimização de perdas de materiais e a redução de retrabalhos durante a execução conforme pesquisas de Paula e Cunha (2024). A relevância desta

pesquisa para a Engenharia Civil está na análise técnica de um sistema construtivo que integra uma tecnologia ancestral a um método de produção enxuto.

O estudo busca fornecer subsídios para analisar a normatização vigente, o planejamento e a execução de projetos de habitação popular. Além disso, a pesquisa possui ligação direta com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, em particular ao ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ao ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao propor um modelo construtivo que promove moradia digna com menor impacto ambiental.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi investigar a viabilidade técnica da aplicação de tijolos de adobe com a alvenaria racionalizada para habitações populares em assentamentos rurais e os impactos ambientais e sociais, analisando seus impactos na otimização do processo construtivo. Com este estudo, espera-se contribuir para o avanço técnico da construção civil com uso de terra crua, aderindo às demandas sociais e aos compromissos globais com a sustentabilidade por meio do consumo consciente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Adobe e sua fabricação

O adobe constitui uma das mais antigas técnicas de construção com terra, caracterizando-se por blocos de terra crua, moldados em estado plástico e secos no sol, segundo, Pereira et al. (2014). Sua composição baseia-se em uma mistura de argila, silte e areia, cujas proporções variam conforme a disponibilidade do solo local. A ABNT NBR 16814 (2020) recomenda uma composição granulométrica preferencial com 45% a 65% de areia, até 30% de silte e entre 25% e 35% de argila, ressaltando que solos fora dessa faixa podem ser utilizados, desde que submetidos a ensaios comprobatórios de desempenho.

O processo de fabricação é antigo e de baixo consumo energético. A terra é misturada com água até atingir a consistência adequada, podendo receber a adição de fibras naturais, como palha ou esterco, para melhorar a coesão e reduzir a retração durante a secagem (Silva; Costa, 2024). A mistura é depositada em fôrmas (geralmente de madeira), compactada e desmoldada imediatamente, seguindo para a cura ao ar livre, processo que utiliza exclusivamente a energia solar (Santos; Bessa, 2020). Essa característica confere ao adobe uma vantagem ambiental significativa em relação ao bloco cerâmico convencional, cuja queima em fornos demanda combustível e gera emissões de CO₂.

Sob a ótica do desempenho, as edificações em adobe apresentam comportamento térmico favorável para uso em edificações. Devido ao seu elevado calor específico, as paredes de adobe atuam como moderadores de temperatura, absorvendo calor durante o dia e liberando-o lentamente à noite (atraso térmico). Essa propriedade é particularmente vantajosa segundo Pinheiro et al. (2022) em climas com

grande amplitude térmica diária, contribuindo para o conforto térmico e a eficiência energética da habitação.

Embora o uso do adobe tenha declinado historicamente com a ascensão dos materiais industrializados, estudos recentes reafirmam sua viabilidade técnica e econômica. Pesquisas de Pinheiro et al. (2022) indicam que a construção em adobe pode apresentar custos inferiores aos da alvenaria convencional, corroborados por Silva e Costa (2024), que levantaram custos unitários de produção artesanal altamente competitivos. Ademais, a publicação da ABNT NBR 16814 em 2020 estabeleceu os requisitos técnicos e métodos de ensaio necessários, conferindo segurança normativa.

2.2 Conceitos e Práticas da Alvenaria Racionalizada

A alvenaria racionalizada é uma metodologia construtiva que visa otimizar o uso de recursos materiais, mão de obra e tempo, transformando a execução da parede em um processo de montagem planejado, em oposição ao caráter artesanal e improvisado da alvenaria convencional. Segundo Bastos e Lima (2023), a racionalização não se resume apenas à substituição de materiais, mas envolve um conjunto de ações que integram o projeto e a execução, com o objetivo de eliminar atividades que não agregam valor, como cortes excessivos e retrabalhos no canteiro.

Um dos pilares fundamentais desta metodologia é a coordenação modular. Teles (2021) define a coordenação dimensional como a inter-relação de medidas dos elementos construtivos e da edificação conforme preconiza a ABNT NBR 15873. Na prática, isso significa projetar os espaços (vãos de portas, janelas, comprimento das paredes) em função das dimensões do bloco utilizado, evitando a necessidade de quebras para ajustes de medidas.

Diferente do método convencional, onde as soluções são frequentemente definidas durante a execução por meio de improviso, a alvenaria racionalizada exige um projeto detalhado de alvenaria. Este projeto deve conter a modulação horizontal (primeira e segunda fiadas), vertical (elevações) e amarrações. Paula e Cunha (2024) destacam que esse planejamento prévio, alinhado aos princípios da *Lean Construction* (Construção Enxuta), é capaz de reduzir as perdas por improvisação, aumentando a produtividade e a limpeza do canteiro.

A aplicação desses conceitos ao sistema construtivo com adobe potencializa sua viabilidade. Ao tratar o tijolo de terra crua como um componente modular, sujeito às mesmas regras de coordenação dimensional dos blocos industrializados, é possível elevar o padrão técnico da edificação.

2.3 Sustentabilidade e Impacto Ambiental na Construção Civil

A indústria da construção civil é historicamente reconhecida como uma das atividades que mais consomem recursos naturais e geram impactos ao meio

ambiente. Segundo Fonseca e Maintinguer (2019), estima-se que o setor seja responsável pelo consumo de até 75% dos recursos naturais extraídos do planeta, além de contribuir expressivamente para a geração de resíduos sólidos.

Nesse contexto, o adobe destaca-se como uma solução alinhada aos princípios da bioarquitetura. De acordo com Silva e Costa (2024), a produção do adobe proporciona uma redução significativa do consumo de energia, uma vez que, diferentemente do tijolo cerâmico convencional, seu processo de fabricação não necessita da queima, por sua secagem ser feita naturalmente ao sol. Além disso, Pereira et al. (2014) ressalta que o consumo de água para a produção do adobe é cerca de sessenta vezes menor do que o necessário para a produção do cimento, além de não gerar vapores contaminantes durante sua manufatura.

Outro aspecto relevante é a análise do ciclo de vida do material. Costa e Ravache (2021) apontam que a bioarquitetura prioriza materiais que possam ser reintegrados à natureza ao final de sua vida útil. O adobe, sendo composto basicamente de terra crua, é 100% reciclável, podendo retornar ao solo sem gerar impactos ambientais. A utilização da terra do próprio local da obra também elimina a energia e a poluição associadas ao transporte de materiais.

Do ponto de vista do desempenho energético da edificação, o adobe contribui para a eficiência. Pinheiro et al. (2022) demonstram que a elevada massa térmica das paredes de adobe funciona como um moderador de temperatura, amortecendo as variações térmicas externas. Essa característica promove o conforto térmico para os moradores e reduz a necessidade de climatização artificial, diminuindo o consumo de energia elétrica durante a vida útil da habitação, especialmente em zonas bioclimáticas quentes.

Por fim, a sustentabilidade do sistema proposto é reforçada pela adoção da alvenaria racionalizada. Enquanto a construção convencional gera elevados índices de entulho devido a cortes e improvisos, a racionalização, conforme Bastos e Lima (2023), atua diretamente na redução do desperdício de materiais e na minimização da geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), promovendo um canteiro de obras mais limpo e eficiente.

2.4 Viabilidade Econômica para construção Habitação Popular Rural

O custo global é um fator determinante na escolha de sistemas construtivos para Habitações de Interesse Social (HIS). A construção convencional, embora consolidada, frequentemente apresenta custos elevados de insumos e mão de obra, agravados por índices de perdas que oneram o orçamento final. Além disso, o sistema construtivo com adobe apresenta a vantagem econômica da disponibilidade da terra como principal matéria prima, geralmente gratuita no próprio local da obra conforme Pereira et al. (2014).

A eliminação dos custos de aquisição e logística de transporte impacta significativamente o orçamento. Pesquisas de Marques (2017, apud Silva; Costa,

2024) indicam que a produção de alvenaria com adobe em assentamentos rurais pode reduzir o custo desta etapa em até 35% quando comparada ao bloco cerâmico convencional. Essa viabilidade é ratificada por Silva e Costa (2024), que, ao analisarem a produção artesanal no eixo Itabuna-Ilhéus-Uruçuca (BA), identificaram um custo unitário de produção entre R\$ 2,34 e R\$ 2,82. Este valor, que já contempla materiais e mão de obra.

Além do aspecto econômico, o adobe favorece a dinâmica social através do regime de mutirão, prática comum em assentamentos rurais. A simplicidade da técnica permite que a comunidade participe ativamente da fabricação dos tijolos e da construção, internalizando o custo da mão de obra e gerando engajamento social e apropriação do espaço construído conforme Pereira et al. (2014).

A associação deste material com a alvenaria racionalizada potencializa os ganhos econômicos. Segundo Teles (2021), a aplicação da coordenação dimensional reduz o consumo de argamassa e blocos, além de aumentar a produtividade da equipe. Embora o investimento inicial no projeto de modulação possa parecer um custo adicional, ele é rapidamente compensado pela eliminação de retrabalhos, entulho e improvisações no canteiro de obras.

2.5 Políticas Públicas e Normas Técnicas

A viabilidade de sistemas construtivos alternativos, como o adobe, depende da existência de um respaldo normativo e de políticas públicas de fomento. Historicamente, a construção com terra no Brasil sofreu um processo de marginalização, especialmente no período de expansão industrial, sendo frequentemente associada à precariedade e excluída dos códigos de obras municipais em favor de materiais industrializados como o cimento de acordo com Santos (2020).

No entanto, o cenário normativo brasileiro passou por uma transformação positiva com a publicação da ABNT NBR 16814:2020 – Adobe: Requisitos e métodos de ensaio. Esta norma estabeleceu parâmetros técnicos claros para a produção e execução da alvenaria de adobe, conferindo-lhe segurança técnica. O documento define, por exemplo, que a resistência à compressão individual do bloco deve ser igual ou superior a 1,5 MPa e limita a construção de edificações estruturais em adobe a até dois pavimentos, garantindo a segurança do sistema (ABNT, 2020).

No âmbito das políticas públicas, a Lei Federal nº 11.888/2008 (Lei da Assistência Técnica) representa um avanço significativo ao assegurar às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social. Segundo Caxias Filho (2022), essa legislação, aliada a programas como o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), abre caminho para a inserção de técnicas de bioconstrução, como o adobe, em empreendimentos financiados pelo estado, desde que atendam aos requisitos estabelecidos.

Para a aplicação da alvenaria racionalizada, a conformidade técnica baseia-se na integração de normas que disciplinam a coordenação modular e o desempenho:

ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho: A Norma de Desempenho é o instrumento que valida o uso de sistemas inovadores ou não convencionais. Ela desloca o foco da prescrição do material para o resultado final, avaliando requisitos como desempenho térmico, acústico e durabilidade. Para o adobe, isso significa que, se a parede atender aos critérios de isolamento e resistência previstos na norma, ela é tecnicamente viável, independentemente de ser um material "alternativo" segundo Bastos (2023).

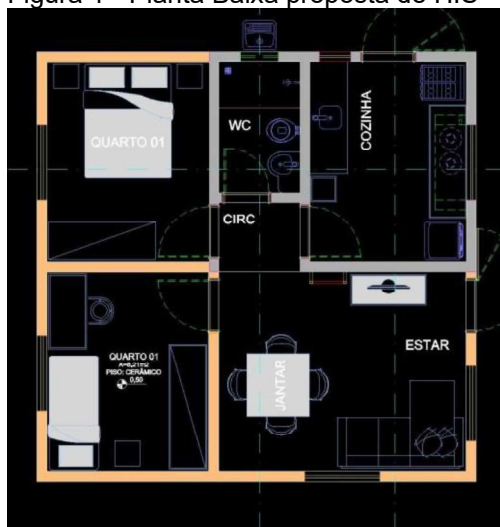
3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma natureza aplicada com objetivos exploratórios e uma abordagem qualitativa, por meio do método de estudo de caso. O objeto de estudo consistiu na modelagem de uma Habitação de Interesse Social (HIS) em alvenaria de adobe, aplicando-se os princípios da racionalização construtiva.

Para a execução da pesquisa, adotou-se a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), utilizando o software Autodesk Revit para a modelagem da edificação a partir das plantas baixas originalmente desenvolvidas em 2D como apresentado na figura 1. A escolha deste software justifica-se, conforme destaca Lopes (2021), por sua capacidade de integrar a modelagem tridimensional à extração automatizada e precisa de quantitativos, além de proporcionar uma visualização espacial do projeto que facilita a identificação e análise de interferências construtivas.

A metodologia foi estruturada em cinco etapas sequenciais, desenhadas para verificar a viabilidade técnica e econômica do sistema proposto: (1) Análise Normativa e Paramétrica; (2) Definição da Geometria e Famílias de Blocos; (3) Desenvolvimento do Projeto Executivo e Modelagem (4) Impacto ambiental e sustentabilidade; e (5) Impacto Social e Cultural.

Figura 1 - Planta Baixa proposta de HIS



Fonte: LabEcos (2024)

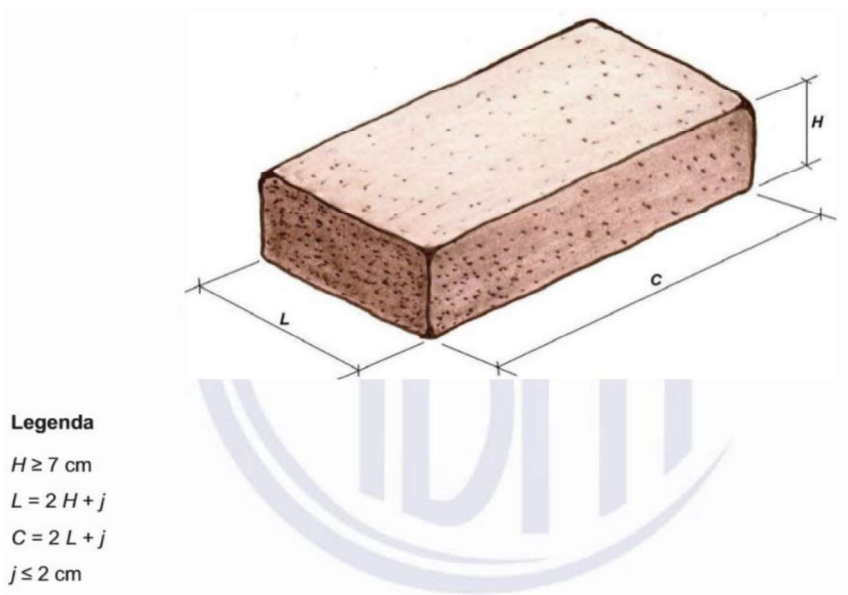
3.1 Pesquisa Bibliográfica e Normativa

A etapa inicial visou analisar estudos e normas ligadas ao tema da pesquisa. A coleta de dados foi realizada em bases científicas, como o Google Acadêmico e em repositórios institucionais de universidades. A seleção do referencial teórico foi estruturada em quatro eixos temáticos principais: (1) Tijolo de adobe e construção com terra crua; (2) Alvenaria racionalizada; (3) Sustentabilidade, pegada ecológica e bioconstrução; e (4) Habitações de interesse social. Além disso, foi realizado o levantamento dos requisitos técnicos normativos, com ênfase na ABNT NBR 16814:2020 - Adobe: Requisitos e métodos de ensaio, documento essencial para embasar as diretrizes dimensionais e paramétricas.

3.2 Definição dos Padrões Dimensionais

A definição das características geométricas dos tijolos de adobe foi firmada com base nas diretrizes da ABNT NBR 16814:2020, observando-se simultaneamente os preceitos da coordenação modular estabelecidos pela ABNT NBR 15873:2010. Para atender à função estrutural prevista no projeto, adotou-se a largura mínima de 20 cm para os blocos, em conformidade com o item 4.6.6 da norma de adobe para edificações térreas, além das proporções estabelecidas em norma conforme figura 2 abaixo.

Figura 2 - Proporção tijolo de adobe normatizado



Fonte: NBR 16814 (2020)

3.3 Modelagem das Famílias no Revit

A etapa consistiu na criação de famílias paramétricas no software Autodesk Revit, representando as características geométricas e físicas e suas respectivas composições. A utilização de famílias paramétricas permitiu atribuir as dimensões nominais e as tolerâncias permitidas pela ABNT NBR 16814:2020, assegurando que o modelo virtual correspondesse às exigências normativas de desempenho e modulação.

Para viabilizar a racionalização construtiva e eliminar a necessidade de cortes improvisados no canteiro de obras, foram desenvolvidas diferentes tipologias de blocos, compondo um "kit" de alvenaria modular. Este conjunto inclui: (1) o bloco inteiro (módulo padrão e módulo vazado); (2) o meio-bloco (para ajustes de amarração); e (3) peça especial (blocos e "T" para encontros de paredes), conforme as diretrizes de coordenação modular.

A modelagem tridimensional detalhada possibilitou a simulação precisa das fiadas (primeira e segunda fiadas) e a extração automatizada dos quantitativos de materiais. Segundo Lopes (2021), a utilização de ferramentas de modelagem 3D e renderização favorece a compreensão espacial do projeto e agiliza a identificação e correção de erros antes da fase de execução, garantindo maior fidelidade entre o planejado e o construído.

3.4 Desenvolvimento do Projeto Executivo de Alvenaria Racionalizada

O desenvolvimento do projeto executivo teve como objeto de estudo uma habitação popular unifamiliar. A modelagem foi realizada na plataforma BIM (Autodesk Revit), tomando como referência as plantas baixas de arquitetura e estrutural originalmente concebidas em CAD 2D. Nesta etapa, foram aplicadas as famílias de tijolos de adobe previamente dimensionadas, seguindo a lógica da alvenaria racionalizada para promover ajustes dimensionais e garantir a modulação perfeita das paredes, visando a otimização de recursos e a minimização de resíduos.

O processo de desenvolvimento foi estruturado nas seguintes fases operacionais:

Análise e Compatibilização de Projetos: Análise crítica dos projetos arquitetônico e estrutural de referência para identificação de diretrizes e incompatibilidades iniciais.

Modelagem 3D e Paginação: Detalhamento da modulação horizontal e vertical das paredes, com a definição exata da paginação das fiadas (primeira e segunda), posicionamento de vergas e contravergas e resolução das amarrações nos encontros de alvenaria.

Documentação Técnica: Geração do conjunto de pranchas executivas (Planta baixa, plantas de fachadas, cortes e detalhes construtivos) e extração dos quantitativos de materiais, aproveitando a capacidade do sistema BIM possibilita ao projetista.

3.5 Análise Comparativa de Desempenho e Viabilidade

A etapa final do estudo consistiu na análise comparativa entre o sistema construtivo proposto (alvenaria de adobe racionalizada, com uso híbrido de blocos cerâmicos em áreas molhadas) e o sistema convencional (alvenaria de vedação em blocos cerâmicos com execução tradicional). A avaliação buscou realizar a comparação entre três aspectos das duas técnicas conforme descrito abaixo.

Impacto Ambiental e Sustentabilidade: Avaliação comparativa focada na energia incorporada e na pegada de carbono. Utilizou-se como referência os dados de Silva e Costa (2024) sobre a isenção de queima na produção do adobe e os indicadores de Pereira et al. (2014) referentes ao baixo consumo de água e inexistência de vapores tóxicos.

Desempenho Construtivo e Econômico: Análise da eficiência do processo, considerando a redução de desperdícios proporcionada pela racionalização, conforme preconizado por Bastos e Lima (2023). Neste eixo, também foi comparada a viabilidade econômica, contrastando os custos de produção levantados por Silva e Costa (2024) com os custos de mercado da alvenaria convencional.

Impacto Social: Análise do potencial de engajamento comunitário e autonomia construtiva. Este parâmetro baseou-se nas experiências de Caxias Filho (2022) em acampamentos rurais, avaliando a viabilidade da produção dos elementos em regime de mutirão e a apropriação tecnológica pela comunidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise Normativa e Paramétrica

Para o desenvolvimento do presente trabalho, adotaram-se integralmente os critérios estabelecidos na ABNT NBR 16814:2020 – Adobe: Requisitos e métodos de ensaio. A definição da espessura das paredes seguiu o disposto no item 4.6.6 da referida norma, que estabelece a espessura mínima de 20 cm para alvenaria estrutural em edificações térreas.

No que tange à análise estrutural, observou-se a diretriz do item 5.1 da NBR 16814, que recomenda a aplicação dos procedimentos de cálculo da ABNT NBR 15812-1 (Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos) para a verificação de esforços. Desta forma, para a execução do projeto desenvolvido nesta pesquisa deve ser realizada a validação do sistema construtivo por meio das normas citadas.

4.2 Definição da Geometria e Famílias de Blocos

A definição dimensional dos componentes baseou-se nos requisitos da ABNT NBR 16814:2020, que estabelece a espessura mínima de 20 cm para alvenarias com função estrutural em edificações térreas. Visando a otimização, definiu-se o bloco

padrão com dimensões nominais de 20 cm de largura, 10 cm de altura e 40 cm de comprimento.

Para viabilizar a racionalização construtiva e garantir a continuidade estrutural sem a necessidade de improvisos no canteiro, além do bloco padrão foram desenvolvidas famílias de peças complementares e de ajuste como ilustrado na figura 3, incluindo:

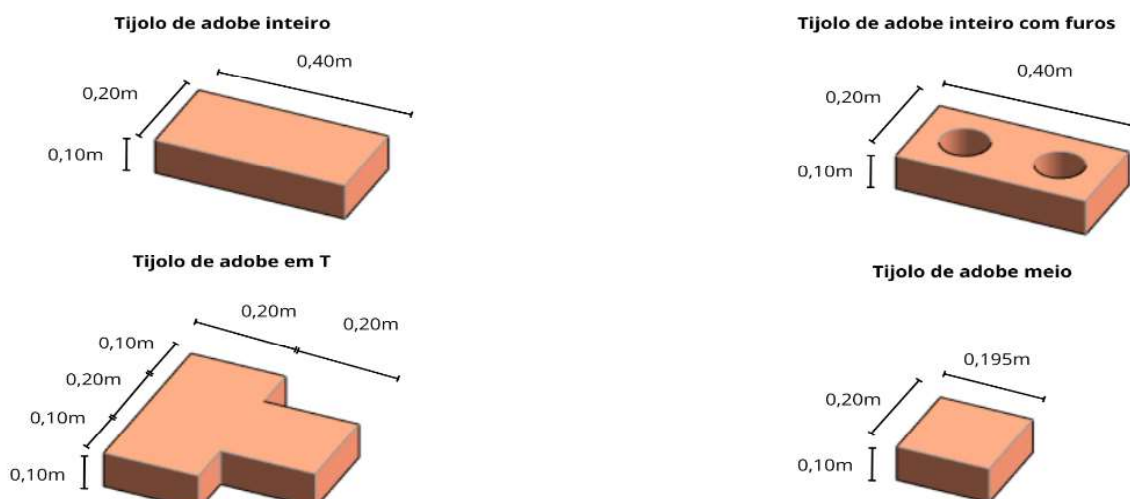
Meio-bloco: para ajustes de amarração e vãos de esquadrias;

Bloco com furos: para a passagem grauteamento vertical, conforme permitido pelo item 4.3.4 da NBR 16814;

Blocos especiais de canto (T): para a correta amarração nos encontros de paredes.

A utilização destas peças especiais é fundamental para o sucesso do sistema. Segundo Bastos e Lima (2023), o emprego de blocos compensadores é uma das principais vantagens da alvenaria racionalizada, pois elimina a necessidade de cortes e quebras manuais, reduzindo drasticamente a geração de entulho e aumentando a eficiência produtiva da equipe de execução.

Figura 3 - Modelagem 3D das famílias de bloco de adobe em Revit



Fonte: Autor (2026)

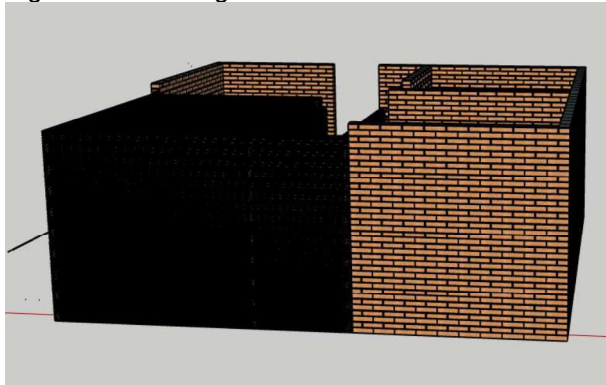
4.3 Desenvolvimento do Projeto Executivo e Modelagem

O desenvolvimento do projeto executivo de alvenaria racionalizada foi realizado utilizando o software Autodesk Revit. A escolha por esta ferramenta, justificou-se pela necessidade de gerenciar um elevado volume de informações paramétricas e garantir a precisão da modulação, ao tentar realizar a modulação pelo sketchUp tive alguns problemas devido ao sua limitada capacidade de processar dados.

O objetivo central desta etapa foi a compatibilização dimensional dos blocos de adobe, visando a eliminação de cortes improvisados e a redução de resíduos. Diferentemente dos estudos preliminares realizados em ferramentas 2D ou 3D não-paramétricas, o Revit permitiu a automatização da extração de quantitativos e a atualização simultânea de plantas, cortes e vistas, assegurando a integridade dos dados do projeto.

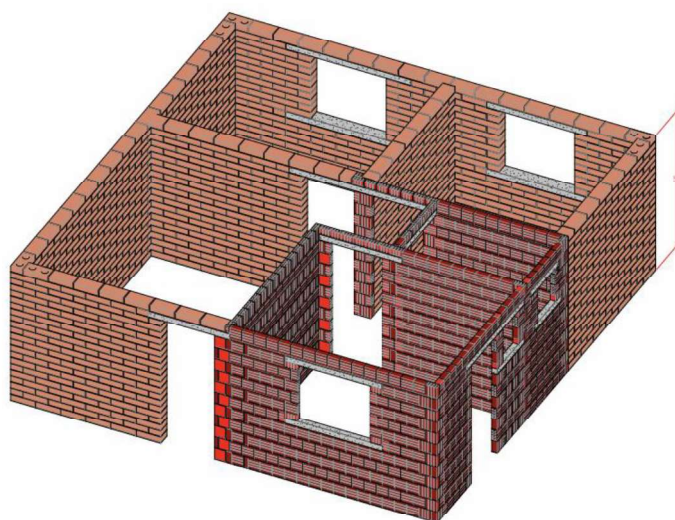
A visualização tridimensional e a renderização conforme apresentados nas figuras 4 e 5 desempenharam um papel fundamental na validação das soluções adotadas. Conforme aponta Lopes (2021), a aplicação de ferramentas de renderização e modelagem 3D não se limita à apresentação estética; ela contribui diretamente para a otimização do tempo e confere maior agilidade na identificação e correção de erros, proporcionando uma visualização intuitiva e próxima da realidade que antecipa desafios do canteiro de obras.

Figura 4 - Modelagem 3D Alvenaria racionalizada com adobe utilizando sketchup



Fonte: Autor (2025)

Figura 5 - Modelagem 3D Alvenaria racionalizada com adobe utilizando Revit

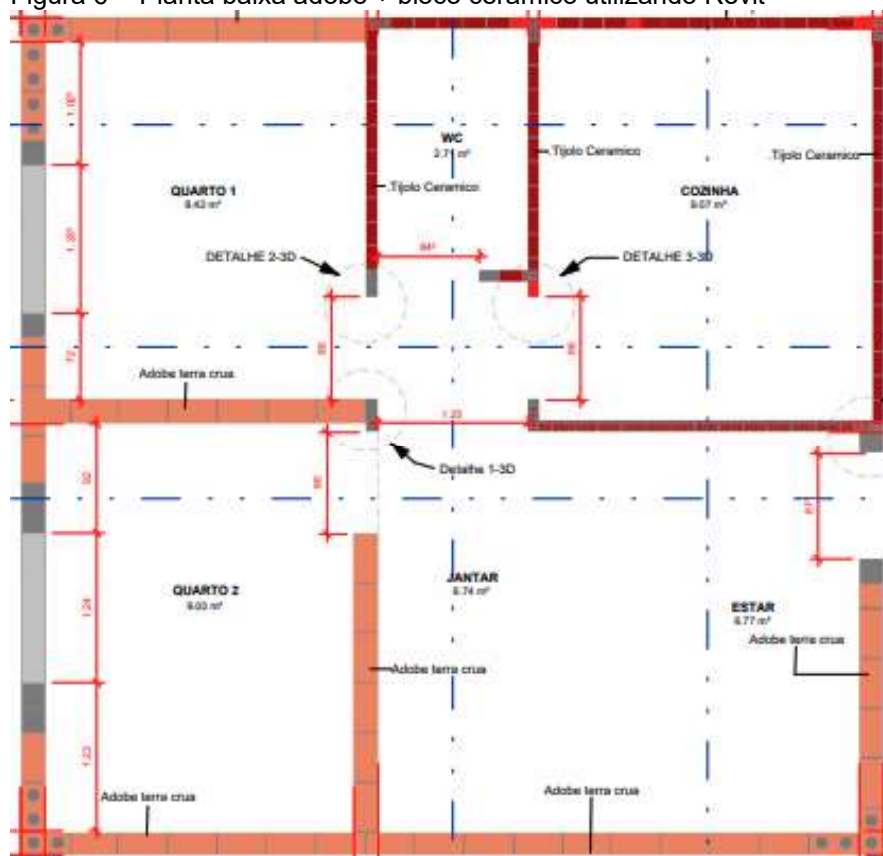


Fonte: Autor (2026)

A elaboração do projeto de alvenaria racionalizada validou a hipótese de minimização de resíduos através do planejamento prévio. A aplicação da modulação fundamentada nas dimensões nominais do tijolo de adobe desenvolvidos, possibilitou a paginação das elevações, utilizando exclusivamente componentes da família modelada (blocos inteiros, meios-blocos e peças de amarração em 'T'). Este resultado está em alinhamento com o resultado encontrado por Teles (2021), demonstrando que a coordenação dimensional elimina a necessidade de cortes aleatórios e improvisações.

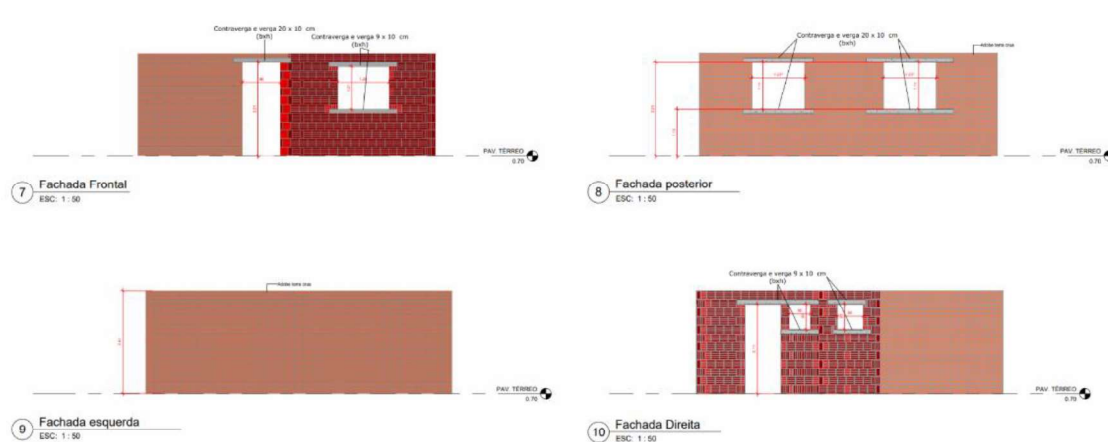
Nas áreas molhadas, a adoção de um sistema híbrido com blocos cerâmicos justificou-se pela necessidade técnica de garantir a estanqueidade, protegendo a alvenaria de terra da umidade da ação direta da água como exposto na figura 6 e 7, essa definição reconhece a vulnerabilidade do adobe à umidade que também impõe a necessidade de beirais capazes de proteger as elevações externas das intempéries. Embora a interface entre materiais com propriedades físicas distintas exija cuidados específicos de amarração, o projeto foi desenvolvido para mitigar o risco de fissuras por retração. Conclui-se, portanto, que a compatibilização entre a arquitetura e a modulação do adobe foi bem-sucedida, preservando as proporções espaciais do projeto original.

Figura 6 - Planta baixa adobe + bloco cerâmico utilizando Revit



Fonte: Autor (2026)

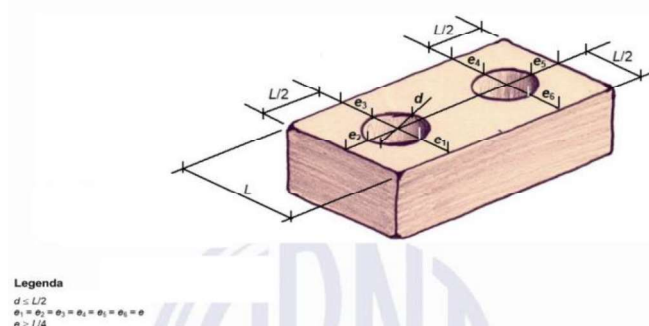
Figura 7 - Fachadas desenvolvidas utilizando Revit



Fonte: Autor (2026)

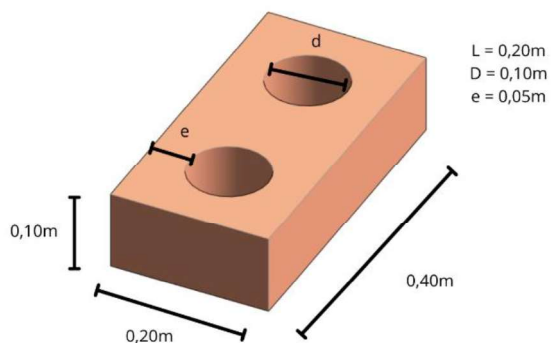
Visando o reforço estrutural nos encontros de paredes, adotou-se a utilização estratégica de blocos de adobe com furações verticais conforme modelagem da figura 11. A geometria dessas peças foi concebida para garantir a coincidência dos vazios entre as fiadas, criando canais para o grauteamento vertical. Esta solução encontra amparo técnico no item 4.3.4 da ABNT NBR 16814:2020 como apresentado na figura 8, que, embora caracterize o adobe como elemento maciço, admite a presença de furos perpendiculares à face de assentamento especificamente para fins de reforço estrutural ou passagem de instalações desde que sejam posicionados mediante detalhe normativo apresentado na figura 10. O preenchimento desses vazios com graute e armadura confere maior rigidez aos cantos da edificação, dispensando o uso de pilares convencionais de concreto e mantendo a homogeneidade do sistema construtivo.

Figura 8 - Item 6.3.4 Dimensionamento de blocos vazados



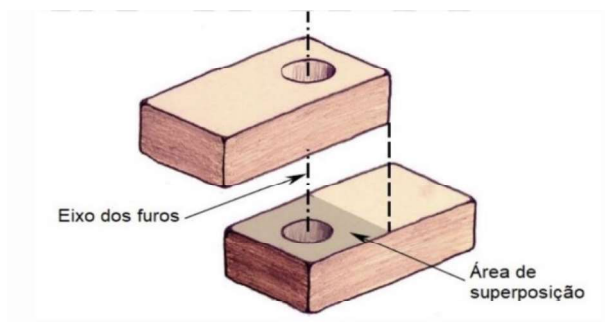
Fonte: ABNT NBR 16814 (2020)

Figura 9 - Dimensionamento de blocos vazados revit



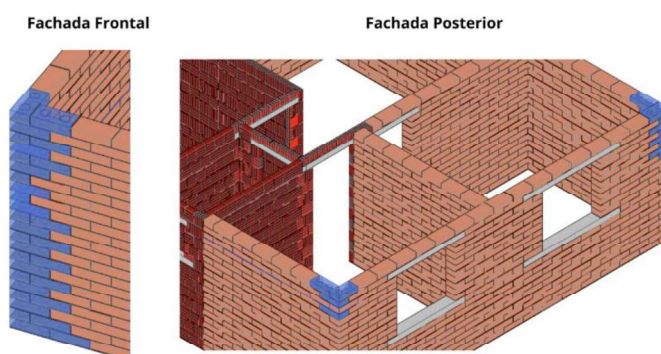
Fonte: Autor (2026)

Figura 10 – Detalhe normativo assentamento de blocos vazado



Fonte: ABNT NBR 16814 (2020)

Figura 11 – Modelagem de assentamento blocos vazados em Revit



Fonte: Autor (2026)

Na análise quantitativa a predominância dos elementos em adobe apresentada na tabela 1, traduz-se em uma vantagem econômica e ambiental expressiva. Estudos como o de Marques (2017, apud Silva; Costa, 2024), indicam que a utilização de alvenaria de adobe em (HIS) pode proporcionar uma redução de até 35% no custo total da construção, quando comparada à execução com blocos cerâmicos convencionais.

Essa economia justifica-se, primariamente, pela cadeia produtiva. Segundo Silva e Costa (2024), a produção artesanal do adobe, quando realizada no próprio local de execução, elimina custos logísticos e de produção industrial, resultando em um custo unitário de produção entre R\$ 2,34 e R\$ 2,82. Este valor, considerando a mão de obra local, apresenta-se competitivo em cenários de escassez de recursos financeiros.

Outro ganho está na redução do consumo de argamassa de assentamento de base cimentícia e de perdas. Desta forma, o sistema proposto atua em duas frentes de economia: no baixo custo de insumo do material principal (terra crua) e na eficiência do processo executivo (racionalização), configurando uma solução técnica e economicamente robusta para habitações rurais

Tabela 1 - Quadro de quantitativos elementos extraído do Revit

Material	Quantitativo [Unidades]
Tijolo de adobe inteiro	1013
Tijolo de adobe em T	22
Tijolo de adobe inteiro com furos	144
Tijolo de adobe meio	68
Elementos de adobe	1247
Bloco cerâmico 9 × 19 × 19 cm	756
Bloco cerâmico 5,5 × 19 × 19 cm	23
Bloco cerâmico 3 × 19 × 9 cm	4

Bloco cerâmico 9 × 3 × 9 cm	1
Bloco cerâmico 9 × 5 × 9 cm	2
Bloco cerâmico 9 × 9 × 9 cm	1
Bloco cerâmico 9 × 9 × 15 cm	1
Bloco cerâmico 9 × 9 × 19 cm	31
Bloco cerâmico 9 × 10 × 9 cm	1
Bloco cerâmico 9 × 19 × 7 cm	26
Bloco cerâmico 9 × 19 × 9,5 cm	21
Bloco cerâmico 9 × 19 × 10 cm	1
Bloco cerâmico 9 × 19 × 12 cm	28
Bloco cerâmico 9 × 19 × 13 cm	28
Bloco cerâmico 9 × 19 × 17,5 cm	16
Elementos cerâmicos	940

Autor (2026)

5 CONCLUSÃO

O presente estudo atingiu seu objetivo geral ao demonstrar, através de modelagem computacional, análise de dados técnicos e referenciais bibliográficos, que a aplicação de tijolos de adobe associada aos princípios da alvenaria racionalizada constitui uma solução viável para a produção de habitações populares

em assentamentos rurais. A hipótese inicial foi confirmada. Sob a ótica de projeto a união entre adobe e alvenaria racionalizada eleva o padrão de planejamento de HIS's

As análises realizadas permitem destacar as seguintes conclusões específicas:

Viabilidade Técnica e Normativa: A validação dimensional dos blocos de adobe, fundamentada na ABNT NBR 16814:2020, comprovou que é possível produzir alvenaria de terra com rigor de engenharia. A modelagem em plataforma BIM (Revit) demonstrou que a coordenação modular pode eliminar a necessidade de improvisos no canteiro, superando o estigma da precariedade historicamente associado às construções de terra.

Sustentabilidade e Desempenho: O sistema proposto apresenta vantagens ambientais. A eliminação da queima no processo de fabricação e o uso de matéria-prima local reduzem a pegada de carbono e a energia incorporada da edificação. Além disso, o adobe demonstra a capacidade de redução da demanda por climatização artificial, promovendo conforto térmico ao longo da vida útil da habitação para os moradores.

Eficiência Econômica e Produtiva: A análise de custos evidenciou que, embora o valor unitário de produção do adobe possa ser superior ao preço de mercado do bloco cerâmico industrializado, o custo global da obra torna-se competitivo pela eliminação de despesas logísticas e pela redução de perdas gerada pela racionalização. Em cenários mutirão, típicos de assentamentos rurais, a viabilidade financeira é maximizada pela internalização da mão de obra.

Impacto Social: A tecnologia proposta resgata a identidade cultural construtiva local, mas a requalifica com critérios técnicos. Isso promove não apenas a moradia digna, mas também a autonomia tecnológica da comunidade, que passa a dominar um processo construtivo normatizado e replicável.

Limitações: Por ser um material constituído majoritariamente constituído por terra crua o adobe possui limitações a ação direta da água

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos de campo com monitoramento pós-ocupação para avaliar o desempenho estrutural e termoacústico, bem como a investigação de processos de mecanização em pequena escala para aumentar a produtividade na fabricação dos blocos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16814**: Adobe – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BASTOS, Geovanna Campos de Sousa; LIMA, Maria Eduarda Ferreira. **Análise comparativa entre alvenaria de bloco cerâmico convencional e racionalizada: estudo de caso**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica e de Artes, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2023

BOSCO, Fernando Cesar; LACERDA, Paulo Sérgio Pádua de. Materiais ecológicos na construção residencial. **Plural Revista Acadêmica**, São Paulo, v. 1, n. 7, p. 167-188, maio 2025.

CAXIAS FILHO, Fernando Antonio de Carvalho. **Projeto de habitação social sustentável para famílias de um acampamento no semiárido cearense**. 2022. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2022.

COSTA, Izabela Aranha; RAVACHE, Rosana Lia. Bioarquitetura: técnicas construtivas sustentáveis. **Connection Line**, Várzea Grande, n. 24, p. 67-74, 2021.

FONSECA, Maria Julia M.; MAINTINGUER, Sandra I. Aplicação da logística reversa na construção civil como mecanismo ambiental sustentável em políticas públicas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 140-149, jan. 2019.

LOPES, Laine de Carvalho. **Otimização de projetos arquitetônicos com o uso da ferramenta de renderização**. 2021. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2021.

PAULA, Matheus Pereira de; CUNHA, Annielli Araújo Rangel da. **Alvenaria racionalizada na construção enxuta: viabilidade e benefícios em edifícios – um estudo de caso no Cabo de Santo Agostinho**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura et al. Projeto de uma bioalvenaria de vedação a partir de terra crua: o caso do tijolo de adobe. **Revista Saúde e Ciência Online**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 64-75, set./dez. 2014.

PINHEIRO, Levi Teixeira et al. Análise de desempenho térmico de habitações sociais em adobe e tijolo cerâmico no Ceará, Brasil. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 26, n. 2, p. 124-132, jul./dez. 2022.

SANTOS, Daniel Pinheiro; BESSA, Sofia Araújo Lima. **O uso do adobe no Brasil: uma revisão da literatura**. Mix Sustentável, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 53-66, mar. 2020.

SILVA, Luiz Eduardo Souza da; COSTA, Silvia Kimo. **Produção artesanal do adobe e composição orçamentária no eixo Itabuna-Ilhéus-Uruçuca, Bahia**. Mix Sustentável, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 137-149, 2024.

SOUZA, Letícia de. **Estudo de viabilidade da substituição de tijolos cerâmicos por outros materiais**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 2021.

TELES, Matheus Nepomuceno. **Coordenação dimensional do projeto de arquitetura para a racionalização construtiva**. 2021. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2021.