



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GEOVANNA VITÓRIA DE BRITO PONTES

**APROVEITAMENTO DA PALHA DE MILHO PARA O DESENVOLVIMENTO
DE UM PROTÓTIPO DE TELHA SUSTENTÁVEL**

PAU DOS FERROS

2026

GEOVANNA VITÓRIA DE BRITO PONTES

**APROVEITAMENTO DA PALHA DE MILHO PARA O DESENVOLVIMENTO
DE UM PROTÓTIPO DE TELHA SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, Profa. Dra.

Coorientadora: Sanderlir Silva Dias, Profa. Dra.

PAU DOS FERROS

2026

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

P792a Pontes, Geovanna Vitória de Brito.
Aproveitamento da palha de milho para o desenvolvimento de um protótipo de telha sustentável / Geovanna Vitória de Brito Pontes. - 2026.
60 f. : il.

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes de Figueredo.
Coorientadora: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2026.

1. Telha ecológica. 2. Palha de milho. 3. Sustentabilidade. 4. Resíduos agrícolas. 5. Construção civil. I. Figueredo, Kytéria Sabina Lopes de, orient. II. Dias, Sanderlir Silva, co-orient. III. Título.

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

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

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

GEOVANNA VITÓRIA DE BRITO PONTES

**APROVEITAMENTO DA PALHA DE MILHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
UM PROTÓTIPO DE TELHA SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 24/06/ 2026.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
KYTERIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO
Data: 29/06/2026 22:01:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente
ALINE MARA MAIA BESSA
Data: 01/07/2026 12:04:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Mara Maia Bessa, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente
RAISSA DOS NAVEGANTES DA SILVA
Data: 30/06/2026 09:40:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Raissa Navegantes da Silva, Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho ao meu avô, Geraldo Gonçalves, obrigada, papai, por ter torcido tanto por mim em vida. Você sempre me dizia que seu maior sonho era me ver na universidade. Hoje, ao concluir esta etapa, espero estar realizando esse sonho. Acredito que, de onde estiver, o senhor está orgulhoso de mim. Dedico também este trabalho ao meu pai, Geone Pontes, obrigada, painho, por ter me dado a vida e por todo o amor que me ofereceu durante o tempo em que estivemos juntos. Gostaria que estivesse aqui para compartilhar este momento tão importante da minha vida. Levo comigo sua lembrança, seu amor e a gratidão por fazer parte da minha história. À minha tia, Maria das Graças, nossa querida Gracinha. Você foi uma pessoa muito especial em minha vida e deixou lembranças que guardarei para sempre com carinho. Sua alegria, seu jeito único e o amor que transmitia marcaram profundamente nossa família. Hoje, lembro de você com saudade e gratidão por todos os momentos que compartilhamos. (*in memoriam*).

Dedico este trabalho à minha família, que foi meu maior alicerce durante toda essa jornada. Em especial à minha mãe, Maria José, às minhas irmãs, Jéssica Pontes e Laís, e ao meu padrasto, Douglas, pelo amor, apoio e incentivo constantes. Esta conquista também é de vocês. (*Presentes*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois até aqui tem me sustentado. Foi Ele quem me concedeu o dom da vida, guiou meus passos e iluminou meus caminhos ao longo desta trajetória. Em todos os momentos, sejam eles de alegria ou de dificuldade, sua presença esteve ao meu lado, fortalecendo-me e dando-me forças para continuar. Reconheço que cada conquista alcançada até aqui é fruto de Sua graça, cuidado e direção, que me permitiram seguir firme em busca dos meus objetivos. Se não fosse Sua mão, Pai, eu não estaria aqui.

Agradeço também à minha família, que em todos os momentos da minha vida se fez presente, oferecendo apoio, incentivo e amor incondicional. Vocês são minha base e meus maiores motivadores. Obrigada por acreditarem em mim, quando eu mesma duvidei da minha capacidade, por comemorarem minhas conquistas como se fossem suas e por me encorajarem a seguir em frente diante dos desafios.

Em especial, agradeço à minha mãe, Maria José. Obrigada, mãe, por ter me criado com tanto amor, dedicação e valores. A senhora foi essencial em toda a minha trajetória e sou profundamente grata pela vida que me proporcionou, pelo carinho, pelos ensinamentos e pelos inúmeros sacrifícios que fez para criar não apenas a mim, mas também às minhas irmãs. Agradeço por sempre nos incentivar a seguir o caminho da educação, mostrando, por meio do seu exemplo, a importância da honestidade, do esforço e da perseverança para a construção de um futuro melhor.

Quero agradecer também à minha irmã, Jéssica Pontes, pois sem ela nada disso seria possível. Obrigada, minha irmã, por ter ajudado a me criar, por cuidar de mim e por ser uma das minhas maiores incentivadoras. Agradeço por vibrar comigo a cada conquista, por menor que ela parecesse, especialmente durante minha trajetória acadêmica. Obrigada por sempre estar ao meu lado, por me ajudar em tudo o que precisei, por me apoiar nos momentos difíceis e por compartilhar comigo os momentos felizes. Sou imensamente grata por sua bondade, generosidade, carinho e por todo o amor que sempre me ofereceu. Sua presença em minha vida foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Agradeço também ao meu padrasto, Douglas, ou "Bambam", como gosto de chamá-lo. Desde que entrou em nossas vidas, sempre me acolheu com amor e carinho, tratando-me como filha e fazendo de tudo para me ajudar. Sou muito grata por todo o cuidado, apoio e dedicação que sempre demonstrou ao longo dos anos. Obrigada por tudo.

Quero agradecer também à minha irmãzinha, Laís, que tornou meus dias mais leves nos momentos em que mais precisei. Sua alegria, inocência e carinho foram capazes de trazer conforto até mesmo nos dias mais difíceis. Você é uma das maiores bênçãos na vida de Nanana.

Ao meu cunhado, Tiago, agradeço por todo o apoio e pela disposição em ajudar sempre que necessário, especialmente pelos inúmeros dias em que se esforçou para me levar ao ponto de ônibus para que eu pudesse seguir para a faculdade. Gestos como esse fizeram toda a diferença durante essa caminhada e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Agradeço também ao meu namorado, Thiago, que foi um dos meus maiores incentivadores desde que ingressei nesta universidade. Obrigada, meu amor, por ter estado ao meu lado em todos os momentos dessa trajetória. Agradeço por todo o apoio, cuidado, incentivo e compreensão durante essa caminhada. Obrigada por me ouvir nos momentos de preocupação, por celebrar comigo cada conquista e por sempre me incentivar a continuar seguindo meus objetivos. Sou muito grata pelo carinho, companheirismo e por ter compartilhado comigo cada etapa dessa jornada.

Agradeço também aos amigos que a universidade me proporcionou e àqueles que estiveram ao meu lado durante essa trajetória acadêmica. Cada um de vocês contribuiu para tornar essa caminhada mais leve, alegre e especial. Meu muito obrigada a Raissa Oliveira, Monique Queiroz, Maria Eduarda, Micaely Melo, Maria Kaliane, Joana Darc, Maria Rita, Jeane Saraiva, Manoel Teotônio, e a todos os demais amigos que de alguma forma contribuíram para essa jornada, seja de forma direta ou indiretamente. Obrigada pelo apoio, incentivo, companheirismo e por fazerem parte dessa importante etapa da minha vida.

Em especial, quero agradecer ao melhor amigo que a faculdade me deu, Altevi Bessa. Desde os primeiros dias de aula, você esteve ao meu lado, compartilhando desafios, conquistas e momentos que marcaram essa trajetória. Obrigada pela amizade sincera, pelo apoio, pelo carinho e por tornar meus dias mais leves com seu jeito único e suas piadas. Tenho certeza de que essa caminhada teria sido muito mais difícil sem a sua presença. Rogo a Deus para que nossa amizade continue se fortalecendo a cada dia, pois você é, sem dúvida, uma pessoa muito especial em minha vida.

Quero agradecer à minha orientadora, Kytéria Sabina, e à minha coorientadora, Sanderlir Dias, por todo o apoio ao longo desta caminhada. Obrigada pelos ensinamentos, pela paciência, pela disponibilidade e pela confiança depositada em mim durante o

desenvolvimento deste trabalho. Cada orientação, conselho e incentivo contribuíram não apenas para a realização desta pesquisa, mas também para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço também a todos os professores que passaram por minha vida. Cada ensinamento, cada aula, cada disciplina e cada conselho deixaram marcas importantes na pessoa que sou hoje. Vocês contribuíram não apenas para minha formação acadêmica, mas também para minha formação humana, inspirando, orientando e compartilhando conhecimentos que levarei comigo por toda a vida.

Estendo também meus agradecimentos aos técnicos, servidores, terceirizados e demais funcionários que fazem a UFERSA acontecer todos os dias. Agradeço pelo empenho, dedicação e esforço diário de cada um. Vocês são essenciais para que a universidade cumpra sua missão de ensinar, pesquisar e transformar vidas. Meu sincero reconhecimento e gratidão por toda a contribuição de vocês para a formação de tantos estudantes, inclusive a minha.

Por fim, agradeço profundamente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido por ter aberto portas em minha vida. Sempre almejei ingressar nesta instituição e poder estar aqui, hoje, escrevendo estes agradecimentos e concluindo esta etapa da minha formação é motivo de grande gratidão e felicidade.

Esta instituição não contribuiu apenas para minha formação acadêmica, mas também para meu crescimento pessoal. Foi aqui que adquiri conhecimentos, vivi experiências marcantes e conheci pessoas especiais que levarei para a vida. Encerrar este ciclo e me preparar para uma nova jornada profissional é a certeza de que cada desafio enfrentado valeu a pena.

EPÍGRAFE

*“Consagre ao senhor tudo que faz, e os
seus planos serão bem-sucedidos.”*

(Provérbios 16:3)

"We make our own future."

Nós construímos o nosso próprio futuro.

(Dean Winchester, Supernatural)

RESUMO

A construção civil tem buscado alternativas mais sustentáveis que possibilitem o aproveitamento de resíduos e reduzam os impactos ambientais. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar uma telha ecológica produzida a partir da incorporação de palha de milho à matriz argilosa. A pesquisa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico, obtenção e preparo das matérias-primas, elaboração de duas formulações e realização de avaliações físicas relacionadas ao processo de secagem e ao comportamento do material em contato com a água. O teste inicial foi realizado utilizando 120 g de argila e 76 g de palha de milho triturada. No segundo teste, foram utilizados 400 g de argila e 40 g de palha de milho triturada. Entre os testes realizados, o segundo apresentou melhor comportamento durante as etapas de moldagem e secagem, além de apresentar uma distribuição visualmente mais uniforme das fibras na matriz argilosa. No ensaio de absorção, a telha manteve sua integridade quando submetida à água corrente, porém apresentou desagregação após permanecer totalmente imersa em água, evidenciando a necessidade de aperfeiçoamentos no processo de impermeabilização e fabricação. Os resultados indicam que a utilização da palha de milho apresenta potencial para aplicação em materiais construtivos sustentáveis, demonstrando que esse resíduo agrícola pode ser aproveitado como matéria-prima alternativa na produção de telhas ecológicas.

Palavras-chave: telha ecológica; palha de milho; sustentabilidade; resíduos agrícolas; construção civil.

ABSTRACT

The construction industry has been seeking more sustainable alternatives that enable the utilization of waste and reduce environmental impacts. In this context, this study aimed to develop and evaluate an eco-friendly roof tile produced by incorporating corn straw into a clay matrix. The research involved a literature review, the acquisition and preparation of raw materials, the development of two formulations, and physical evaluations regarding the drying process and the material's behavior in contact with water. The initial test used 120 g of clay and 76 g of crushed corn straw. The second test used 400 g of clay and 40 g of crushed corn straw. Of the tests conducted, the second formulation performed better during the molding and drying stages and exhibited a visually more uniform distribution of fibers within the clay matrix. In the absorption test, the tile maintained its integrity when exposed to running water but disintegrated after being fully immersed, highlighting the need for improvements in the waterproofing and manufacturing processes. The results indicate that the use of corn straw holds potential for application in sustainable construction materials, demonstrating that this agricultural waste can be utilized as an alternative raw material for producing eco-friendly roof tiles.

Keywords: ecological roof tile; corn straw; sustainability; agricultural waste; construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de telhas usadas na construção civil	18
Figura 2 - Fluxograma do processo de produção de telhas cerâmicas.....	19
Figura 3 - Fluxograma do processo de produção de telhas metálicas.....	21
Figura 4 - Fluxograma do processo de produção de telhas de concreto.	22
Figura 5 - Feira livre Alexandria-RN.....	28
Figura 6 - Desidratação no sol.....	29
Figura 7 - Primeira etapa de desidratação no forno a gás.	29
Figura 8 – Moinho de facas utilizado para triturar a palha.	30
Figura 9 - Processo de moagem.....	30
Figura 10 - Pesagem das amostras.....	31
Figura 11 - Vedação do recipiente com plástico filme.	31
Figura 12 - Argila antes do processo de destorroamento.....	32
Figura 13 - Materiais utilizados e processo de destorroamento	33
Figura 14 – Peneiras utilizadas	33
Figura 15 – Processo de peneiramento	34
Figura 16 - Pesagem das amostras e vedação com o papel filme.....	34
Figura 17 - Pesagem da argila e palha	36
Figura 18 - Massa pronta para moldagem.....	36
Figura 19 – Cera de carnaúba utilizada como desmoldante.....	37
Figura 20 - Molde untado com cera de carnaúba	37
Figura 21 – Telha moldada.....	38
Figura 22 – Materiais secos já homogeneizados	39
Figura 23 - Massa após homogeneização.....	40
Figura 24 – Aspecto da telha após a moldagem e acabamento superficial.	40
Figura 25 – Agitador magnético utilizado para aquecimento da cera	41
Figura 26 – Cera de carnaúba utilizada na impermeabilização da telha.	41
Figura 27 – Protótipo antes da impermeabilização.....	44
Figura 28 – Pesagem inicial pós-moldagem.....	45
Figura 29 – Telha embalada para descanso.....	45
Figura 30 – Pesagem da telha após aproximadamente 28 horas de secagem	46
Figura 31 – Pesagem da telha após aproximadamente 51 horas de secagem.....	46
Figura 32 – Pesagem após desmolde e 51 horas de secagem.....	47
Figura 33 - Aparência da telha após desmolde e 51 horas de secagem	47
Figura 34 – Aparência da telha antes da exposição ao sol.	48
Figura 35 – Pesagem da telha antes da exposição ao sol.	48
Figura 36 – Pesagem da telha após da exposição ao sol.	49
Figura 37 – Pesagem da telha após a segunda exposição ao sol.	49
Figura 38 – Massa da telha após secagem e impermeabilização.....	50
Figura 39 – Telha após o processo de impermeabilização.....	51
Figura 40 – Aplicação de água corrente sobre a superfície da telha.....	51
Figura 41 – Pesagem da telha após contato com a água corrente.....	52
Figura 42 – Início do ensaio de imersão da telha em água.	53
Figura 43 – Durante o processo de imersão	53
Figura 44 – Telha após imersão.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Primeira formulação para obtenção da telha.....	35
Quadro 2 – Segunda formulação para obtenção da telha.	38
Quadro 3 – Variação da massa da telha durante o processo de secagem.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Conceito de telha, utilidade e histórico de desenvolvimento.....	17
3.2 Tipos e Processos de produção.....	17
3.2.1 Telha cerâmica	18
3.2.2 Telhas metálicas	20
3.2.3 Telhas de concreto.....	21
3.3 Legislações para o processo de fabricação e controle da telha.	23
3.4 Construção Civil e Sustentabilidade.....	23
3.4.1 Telha ecológica	24
3.4.2 Matérias Primas.....	25
4 METODOLOGIA	27
4.1 Pesquisa Bibliográfica	27
4.2 Matérias e métodos.....	27
4.2.1 Materiais utilizados	27
4.2.2 Obtenção e preparo dos materiais	28
4.3 Processo de obtenção da telha.....	35
4.3.1 Primeira formulação	35
4.3.2 Segunda formulação	38
4.4 Avaliação da eficácia do produto.....	42
4.5 Tratamento dos dados.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Características das telhas produzidas	43
5.1.1 Primeira formulação	43
5.1.2 Segunda formulação	43
5.1.3 Comportamento da telha durante o processo de secagem	44
5.2 Avaliação da absorção de água e impermeabilização	51
5.3 Aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade da telha.....	54
5.4 Potencial de viabilidade econômica	55

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A telha é um elemento fundamental da construção civil, sendo responsável por proteger as edificações contra as intempéries e contribuir para o conforto ambiental e a durabilidade das construções. Além de sua função de cobertura, a escolha do tipo de telha influencia aspectos como desempenho térmico, desempenho acústico, custo e aplicação, tornando-se uma importante decisão técnica no projeto das edificações (Feitosa et al., 2025).

Considerando essa relevância, é importante destacar que a construção civil, apesar de seu papel essencial no desenvolvimento urbano e social, é reconhecida como uma das atividades humanas que mais gera resíduos sólidos e poluentes, contribuindo de forma significativa para os impactos ambientais (Silva *et al.*, 2025). As práticas tradicionais da construção civil estão frequentemente associadas ao elevado consumo de recursos naturais e à geração de resíduos, tornando necessária a adoção de alternativas mais sustentáveis. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024, 41,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados no país tiveram destinação inadequada em 2023, evidenciando a necessidade de ampliar ações voltadas ao reaproveitamento de materiais e à redução da geração de resíduos (Abrema, 2024).

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela construção civil tem impulsionado a busca por soluções que conciliem desempenho técnico, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental (Silva *et al.*, 2025; Laruccia, 2014).

Entre os materiais amplamente utilizados nesse setor, as telhas convencionais, como as de cerâmica, fibrocimento e PVC, apresentam limitações que vão desde a fragilidade estrutural até o descarte inadequado após o uso, resultando em aumento de resíduos, desperdício de materiais e maior custo de manutenção (Casagrande, 2021). Além disso, algumas dessas telhas contêm substâncias potencialmente nocivas à saúde, como o amianto presente nas telhas de fibrocimento, cuja toxicidade é amplamente reconhecida (Kim *et al.*, 2013). Embora o uso desse material tenha sido proibido no Brasil pelo Supremo Tribunal Federal em 2017 (Brasil, 2017), ainda existem desafios relacionados ao descarte e à substituição por alternativas realmente sustentáveis (Pinto, 2023; Sillos, 2020).

Discussões recentes reacenderam o debate sobre a efetividade da proibição do amianto. Nesse contexto, destaca-se a aprovação, no estado de Goiás, da Lei nº 22.932/2024, que estabeleceu um período de transição para o encerramento das atividades de extração e beneficiamento do amianto da variedade crisotila (Goiás, 2024). Essa situação reforça a

importância do desenvolvimento de alternativas seguras e sustentáveis capazes de substituir definitivamente o uso do amianto na construção civil.

De acordo com Campos e Zini (2022), as telhas ecológicas, produzidas a partir de resíduos de embalagens como tubos de pasta de dente e caixas longa vida, apresentam vantagens significativas em relação às telhas convencionais, podendo ser até três vezes mais resistentes e duas vezes menos absorventes. Pesquisas que comparam práticas tradicionais e sustentáveis na construção civil evidenciam que materiais alternativos apresentam melhor desempenho ambiental e podem reduzir significativamente os impactos gerados pelos métodos convencionais (Mello; Vieira; Gitahy, 2019). Além disso, esses materiais contribuem para a reciclagem de resíduos, diminuem o consumo de recursos naturais e reduzem a emissão de dióxido de carbono (CO₂) durante o processo de fabricação. Pesquisas comparativas evidenciam que telhas ecológicas, produzidas a partir de materiais reciclados ou resíduos agrícolas, apresentam vantagens técnicas e ambientais em relação às convencionais, além de custo competitivo (Casagrande, 2021; Marques *et al.*, 2024).

Nesse sentido, tornam-se cada vez mais relevantes estudos que busquem incorporar resíduos agrícolas e industriais na produção de novos materiais, uma vez que a adoção de práticas ecoeficientes é essencial para minimizar impactos ambientais e promover o uso racional de recursos (Resende; Medeiros, 2024). O aproveitamento de resíduos agroindustriais, como a palha do milho, surge como uma alternativa promissora, por ser abundante, de baixo custo e especialmente relevante em regiões semiáridas (Fernandes, 2013; Mendes, 2014; Marques *et al.*, 2018).

Assim, o problema central deste estudo consiste em investigar se é possível desenvolver uma telha ecológica a partir da palha do milho que apresente propriedades físicas, mecânicas e térmicas adequadas, configurando-se como uma alternativa sustentável e viável para aplicação na construção civil. Nesse cenário, o desenvolvimento de materiais sustentáveis para uso em coberturas se apresenta como uma alternativa promissora, contribuindo para a redução de resíduos, o reaproveitamento de matérias-primas e a diminuição da poluição decorrente dos processos produtivos tradicionais.

Assim, este trabalho justifica-se pela necessidade de desenvolver e avaliar alternativas construtivas sustentáveis, capazes de atender às demandas da construção civil moderna sem comprometer o equilíbrio ambiental. A proposta busca demonstrar que é possível conciliar viabilidade técnica, econômica e ecológica no desenvolvimento de novos materiais voltados à cobertura de edificações, contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Desenvolver e analisar uma telha ecológica como alternativa sustentável para a construção civil, considerando o reaproveitamento de resíduo agroindustrial e a mitigação dos impactos ambientais decorrentes dos sistemas convencionais.

2.2 Específicos

- Investigar o potencial da palha de milho como matéria-prima alternativa para a produção de materiais construtivos sustentáveis, visando ao aproveitamento desse resíduo agrícola.
- Desenvolver o processo de fabricação das telhas ecológicas, contemplando as etapas de preparação, moldagem e cura.
- Produzir protótipos de telhas ecológicas utilizando a incorporação de fibras de palha de milho à matriz argilosa.
- Realizar ensaios físicos e mecânicos para avaliar características como resistência e comportamento frente à absorção de água.
- Analisar o desempenho dos protótipos produzidos quanto à integridade estrutural e às condições de utilização na construção civil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conceito de telha, utilidade e histórico de desenvolvimento

Desde as primeiras civilizações, os sistemas de cobertura desempenham papel essencial na proteção das habitações humanas. Nesse contexto, as telhas passaram a ser amplamente utilizadas como elementos de vedação e proteção das edificações, evoluindo ao longo do tempo conforme o desenvolvimento das técnicas construtivas e dos materiais empregados na construção civil.

De acordo com Lopes (2011), os materiais cerâmicos utilizados na construção civil possuem origem muito antiga, remontando ao período neolítico. As primeiras formas de utilização da argila ocorreram por volta de 10.000 a.C., quando as primeiras civilizações sedentárias passaram a desenvolver técnicas construtivas utilizando barro moldado e seco ao sol.

Com o avanço das técnicas construtivas e o desenvolvimento de novos materiais, surgiram diversos tipos de telhas destinados a diferentes aplicações na construção civil. Além das telhas convencionais, como as cerâmicas, passaram a ser desenvolvidas alternativas sustentáveis produzidas a partir de materiais recicláveis, como as telhas ecológicas fabricadas com embalagens longa vida. Segundo Feitosa *et al.* (2025), esse avanço está diretamente relacionado à busca por materiais mais eficientes, econômicos e ambientalmente sustentáveis no setor da construção civil.

De acordo com Lopes (2011), com o aperfeiçoamento das técnicas de fabricação, os materiais cerâmicos passaram a ser submetidos ao processo de queima, proporcionando maior resistência e durabilidade. A partir disso, as telhas cerâmicas começaram a ser amplamente utilizadas em diferentes civilizações, destacando-se principalmente nas construções gregas e romanas, que contribuíram significativamente para a disseminação desse sistema de cobertura.

Ainda conforme Feitosa *et al.* (2025), o desenvolvimento industrial e tecnológico possibilitou o aperfeiçoamento dos sistemas de cobertura, permitindo a produção de telhas com diferentes formatos, composições e desempenhos. Atualmente, além da função de proteção das edificações, as telhas também estão associadas ao conforto térmico, à eficiência energética e à sustentabilidade das construções.

3.2 Tipos e Processos de produção

Quando se trata de telhas e de suas diferentes tipologias, o mercado da construção civil disponibiliza uma ampla variedade de modelos, materiais e características construtivas, desenvolvidos para atender às diversas necessidades de desempenho, estética, durabilidade e custo das edificações.

Entre os principais tipos destacam-se as telhas cerâmicas, metálicas, fibrocimento, concreto, de polycarbonato e ecológicas como por exemplo a Telha de caixa longa vida ou “Tetra Pak” como é comercialmente chamada, cada uma possuindo métodos de produção específicos e aplicações adequadas às diferentes necessidades construtivas (Figura 1).

Figura 1 – Tipos de telhas usadas na construção civil



Fonte: Adaptado de https://tuacasa.uol.com.br/tipos-de-telhas/?utm_source. Acesso em: 06 jul. 2026

3.2.1 Telha cerâmica

As telhas cerâmicas são amplamente utilizadas na construção civil devido ao seu baixo custo de fabricação e à grande disponibilidade de sua principal matéria-prima, a argila, que pode ser facilmente encontrada em diversas regiões. Além de sua importância econômica, a cerâmica possui uma longa trajetória histórica. Sua origem remonta à Pré-História, quando o barro endurecido pelo fogo passou a ser utilizado pelo ser humano, substituindo gradativamente materiais como a pedra e a madeira e tornando-se, ao longo dos séculos, um dos principais materiais empregados nas construções (Ribeiro, 2024).

No Brasil, Ribeiro (2024) destaca que a cerâmica teve origem na Ilha de Marajó, desmistificando a ideia de que essa técnica teria sido introduzida apenas pelos portugueses durante o período de colonização.

Existem diversos tipos de telhas cerâmicas, desde a mais tradicionalmente utilizada, como a colonial, até modelos com design intertravado, como a romana e a francesa, que segundo Ribeiro (2024) são os principais tipos empregados na construção civil. Esses modelos se diferenciam pelo formato, pelo sistema de encaixe e pela estética, mas todos mantêm como característica comum a durabilidade e a ampla aceitação no mercado.

3.2.1.1. Processo de produção

Por mais que possuam formas e características diferentes, independentemente do modelo de telha cerâmica, o processo de fabricação segue etapas semelhantes, conforme apresentado no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo de produção de telhas cerâmicas.



Fonte: Adaptado Ribeiro (2024)

Segundo Ribeiro (2024), inicialmente ocorre a extração da argila, seguida do beneficiamento da matéria-prima para remoção de impurezas e obtenção de uma composição homogênea.

Após essa etapa, a argila é submetida ao processo de conformação, no qual recebe o formato desejado por meio de moldagem ou extrusão. Em seguida, as peças passam pela

secagem controlada, responsável pela redução da umidade e pela prevenção de defeitos durante a etapa de queima.

Posteriormente, as telhas são submetidas à queima em fornos a elevadas temperaturas, etapa responsável por promover transformações físicas e químicas que conferem resistência mecânica, durabilidade e estabilidade ao produto final. Após o resfriamento, as peças passam por inspeção de qualidade e são destinadas à comercialização.

A qualidade das telhas produzidas pode ser verificada por meio de ensaios padronizados. Nesse contexto, a ABNT NBR 15310-2 estabelece métodos para avaliação de propriedades como impermeabilidade, absorção de água e resistência à flexão, parâmetros fundamentais para garantir o desempenho e a durabilidade das telhas cerâmicas (Abnt, 2025).

3.2.2 Telhas metálicas

As telhas metálicas são amplamente empregadas na construção civil devido à sua resistência mecânica, durabilidade e rapidez de instalação. Produzidas principalmente a partir de chapas de aço galvanizado ou zincado, podem ser utilizadas tanto em edificações industriais e comerciais quanto em construções residenciais, apresentando diferentes perfis e formatos para atender às necessidades de cada projeto (Fonseca, 2000).

Entre suas principais vantagens destacam-se a leveza da cobertura, a redução das cargas transmitidas à estrutura e a agilidade de execução quando comparada a sistemas convencionais. Além disso, a utilização de estruturas metálicas associadas a esse tipo de cobertura pode contribuir para a diminuição do tempo de construção e dos custos relacionados à montagem (Miranda, 2020).

3.2.2.1 Processo de produção

O processo de fabricação das telhas metálicas pode ocorrer por diferentes métodos, destacando-se a estampagem, a calandragem e a perfilação. As principais etapas desse processo estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do processo de produção de telhas metálicas



Fonte: Adaptado Fonseca (2000)

Na estampagem, o perfil da telha é obtido por meio de sucessivas dobras realizadas em prensas. Na calandragem, chapas metálicas passam por cilindros responsáveis pela conformação de perfis ondulados. Já na perfilação, processo amplamente empregado pela indústria, a chapa metálica é conduzida por uma sequência de cilindros que promovem sua conformação por deformação a frio até a obtenção do perfil desejado. Após a conformação, as telhas são cortadas nas dimensões especificadas para utilização nas coberturas (Fonseca, 2000).

3.2.3 Telhas de concreto

As telhas de concreto são amplamente utilizadas em edificações residenciais, comerciais e industriais devido à sua resistência mecânica, durabilidade e variedade de aplicações. De acordo com a ABNT NBR 13858-2, são elementos destinados à cobertura, geralmente com formato retangular e perfil ondulado, produzidos a partir da mistura de cimento, agregados, água e eventuais aditivos ou adições (Abnt, 2009).

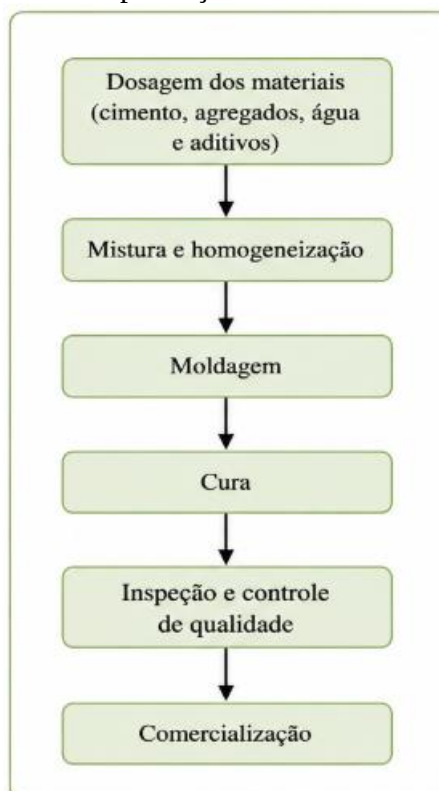
Entre suas principais vantagens destacam-se a boa resistência mecânica, a durabilidade, a facilidade de manuseio, a resistência às ações do intemperismo e o desempenho satisfatório quanto ao isolamento acústico. Além disso, podem ser produzidas em diferentes cores e

acabamentos, ampliando suas possibilidades de aplicação na construção civil. Como desvantagem, destaca-se o peso relativamente elevado quando comparado a alguns outros sistemas de cobertura (Batista *et al.*, 2025).

3.2.3.1 Processo de produção

A produção das telhas de concreto ocorre a partir da mistura de cimento, agregado miúdo, água e, quando necessário, aditivos ou pigmentos. As principais etapas desse processo estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo de produção de telhas de concreto.



Fonte: Adaptado de Barros (2020) e Batista *et al.* (2025).

Após a homogeneização dos materiais, a mistura é moldada no formato desejado e submetida ao processo de cura, etapa fundamental para o desenvolvimento da resistência mecânica e da durabilidade do produto final. Posteriormente, as telhas passam por inspeções e ensaios de controle de qualidade antes de sua utilização (Barros, 2020; Batista *et al.*, 2025).

A qualidade das telhas de concreto é regulamentada pela ABNT NBR 13858-2, que estabelece requisitos relacionados ao aspecto visual, absorção de água, impermeabilidade,

massa e resistência à flexão, garantindo o desempenho adequado do produto quando empregado em sistemas de cobertura (Abnt, 2009).

3.3 Legislações para o processo de fabricação e controle da telha.

A fabricação de telhas destinadas à construção civil deve atender a requisitos técnicos estabelecidos por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais têm como objetivo garantir a qualidade, a segurança e o desempenho dos produtos utilizados nas edificações. Essas normas estabelecem critérios relacionados às características físicas, mecânicas e dimensionais das telhas, além dos procedimentos de ensaio necessários para a avaliação de sua conformidade.

No caso das telhas cerâmicas, destacam-se as normas da série ABNT NBR 15310, que estabelecem requisitos e métodos de ensaio para avaliação de propriedades como absorção de água, impermeabilidade e resistência à flexão (Abnt, 2025). Esses parâmetros são fundamentais para garantir a durabilidade e o adequado desempenho das coberturas ao longo de sua vida útil.

Para as telhas de concreto, a ABNT NBR 13858-2 estabelece requisitos relacionados ao aspecto visual, absorção de água, impermeabilidade, massa e resistência à flexão, além dos métodos utilizados para verificação dessas propriedades (Abnt, 2009). O atendimento a esses critérios assegura que o produto apresente desempenho compatível com sua aplicação em sistemas de cobertura.

Dessa forma, a utilização de normas técnicas durante o processo de fabricação e controle de qualidade das telhas contribui para a padronização dos produtos, para a segurança das edificações e para a confiabilidade dos materiais empregados na construção civil.

3.4 Construção Civil e Sustentabilidade.

A construção civil, embora essencial para o desenvolvimento urbano e social, é uma das atividades humanas que mais gera impactos ambientais. Entre os principais problemas estão a elevada produção de resíduos sólidos, o consumo excessivo de recursos naturais e o descarte inadequado de materiais. Estudos comparativos demonstram que os métodos convencionais de construção apresentam maior fragilidade estrutural e demandam constante manutenção, o que amplia custos e intensifica os impactos ambientais (Mello; Vieira; Gitahy, 2019; Silva; Dib, 2021).

Diante desse cenário, torna-se imprescindível a busca por alternativas que conciliem desempenho técnico e responsabilidade ambiental. Pesquisas recentes apontam que o uso de

materiais alternativos, como agregados reciclados, resíduos agrícolas e compósitos sustentáveis, pode reduzir significativamente os impactos ambientais e otimizar a eficiência das edificações. Estudos como o de Oliveira (2015) destacam que materiais de construção alternativos contribuem para a sustentabilidade ao diminuir o consumo de cimento e areia, além de ampliar a reutilização de resíduos. Marques *et al.* (2024) reforçam que a adoção de materiais recicláveis em tijolos e concretos representa uma estratégia viável para construções sustentáveis, reduzindo custos e preservando recursos naturais.

Nesse contexto, emergem conceitos como construção verde e ecoeficiência, que buscam reduzir o consumo de energia e água, minimizar a geração de resíduos e utilizar materiais de menor impacto ambiental. A ecoeficiência, segundo Resende e Medeiros (2024), consiste em atender às necessidades humanas com o menor desperdício possível de recursos, aliando produtividade e responsabilidade ambiental. Essa abordagem também se relaciona ao conforto ambiental, uma vez que edificações sustentáveis podem incorporar estratégias como ventilação natural e isolamento térmico eficiente, reduzindo o consumo energético. Assim, a construção verde não elimina totalmente os impactos, mas representa um avanço significativo em direção ao equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental.

3.4.1 Telha ecológica

As telhas ecológicas são materiais de cobertura desenvolvidos a partir de resíduos reciclados ou de fontes renováveis, como fibras vegetais, plásticos pós-consumo e resíduos industriais. Sua principal característica é a redução do impacto ambiental, pois aproveitam insumos que seriam descartados, transformando-os em produtos de alta durabilidade e desempenho. Além disso, apresentam leveza, resistência mecânica e boa capacidade de isolamento térmico e acústico, contribuindo para o conforto ambiental das edificações (Campos; Zini, 2022).

Em comparação com telhas convencionais de cimento, cerâmica e fibrocimento, as telhas ecológicas se destacam por promoverem o reaproveitamento de resíduos e por contribuírem para a redução dos impactos ambientais associados à construção civil. Além disso, constituem uma alternativa alinhada aos princípios da sustentabilidade e da economia circular, favorecendo a utilização de matérias-primas alternativas e a redução da geração de resíduos (Mello; Vieira; Gitahy, 2019).

Do ponto de vista ambiental, as telhas ecológicas contribuem para a redução da geração de resíduos e para a preservação de recursos naturais, alinhando-se aos princípios da ecoeficiência (Resende; Medeiros, 2024). Economicamente, apresentam custo competitivo, especialmente quando produzidas em escala, além de reduzirem gastos futuros com manutenção devido à sua maior durabilidade (Silva; Dib, 2021). Socialmente, promovem inovação tecnológica e estimulam práticas de economia circular, gerando empregos em cadeias produtivas voltadas ao reaproveitamento de resíduos e à produção de materiais sustentáveis. Dessa forma, representam uma solução viável para conciliar desempenho técnico, responsabilidade ambiental e benefícios sociais.

3.4.2 Matérias Primas

A agricultura gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos, como bagaço de cana, casca de arroz, palha de trigo e palha de milho. Tradicionalmente, esses materiais são descartados ou queimados, contribuindo para a poluição ambiental. No entanto, estudos têm demonstrado que tais resíduos possuem elevado potencial de reaproveitamento, seja como fonte energética, seja como matéria-prima para novos produtos na indústria e na construção civil. Fernandes (2013) destaca que resíduos agrícolas ricos em fibras vegetais podem ser incorporados em compósitos, melhorando propriedades mecânicas e reduzindo a dependência de insumos não renováveis.

Entre esses resíduos, a palha do milho se apresenta como uma alternativa promissora devido à sua abundância e baixo custo. Sua composição é rica em celulose, hemicelulose e lignina, elementos que conferem resistência mecânica e potencial de aproveitamento em materiais construtivos. Mendes (2014) analisou a utilização da palha de milho em compósitos e evidenciou que suas fibras apresentam propriedades físicas e químicas adequadas para aplicação em produtos sustentáveis, como telhas e revestimentos. Além disso, a palha de milho possui baixa densidade e boa capacidade de isolamento térmico, características que podem contribuir para o conforto ambiental das edificações.

Pesquisas recentes reforçam a viabilidade da biomassa agrícola como insumo industrial. Marques, Campos e Matias (2018) desenvolveram um revestimento cimentício utilizando palha de milho e resíduos da construção civil, obtendo resultados satisfatórios em termos de resistência e aplicabilidade. Alves de Moura *et al.* (2019) caracterizaram a biomassa da palha de milho para produção de briquetes, destacando seu potencial energético e estrutural. Fernandes (2013) demonstrou que resíduos vegetais podem ser aplicados em diferentes setores,

desde a produção de biocombustíveis até o desenvolvimento de materiais de construção. Mendes (2014) complementa ao destacar que o uso da palha de milho em compósitos cimentícios não apenas melhora propriedades mecânicas, mas também contribui para a redução da emissão de dióxido de carbono (CO₂), alinhando-se aos princípios da ecoeficiência. Esses estudos evidenciam que o reaproveitamento da biomassa agrícola representa uma estratégia sustentável capaz de reduzir impactos ambientais e promover inovação tecnológica na construção civil.

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de reunir informações sobre telhas convencionais e ecológicas, sustentabilidade na construção civil, utilização de resíduos agrícolas como matérias-primas alternativas e propriedades da palha de milho. Para isso, foram consultados artigos científicos, monografias, dissertações, teses, livros e normas técnicas. As buscas bibliográficas foram realizadas por meio do Google Acadêmico, que possibilitou o acesso a publicações disponíveis em periódicos científicos e repositórios institucionais, como a Scientific Electronic Library Online (SciELO). As normas técnicas da ABNT foram acessadas por meio do sistema SIGAA, utilizando a plataforma GetWeb disponibilizada pela UFERSA. As informações obtidas subsidiaram a fundamentação teórica da pesquisa e auxiliaram na definição dos procedimentos experimentais adotados para a produção e avaliação da telha ecológica proposta.

4.2 Matérias e métodos

4.2.1 Materiais utilizados

- Argila;
- Palha de milho;
- Água de abastecimento e água destilada;
- Béqueres;
- Moinho de facas;
- Torre de peneiras (600 μm e 425 μm (micrômetros));
- Balança;
- Espátulas;
- Molde confeccionado a partir de uma bombona plástica ou de PEAD (Polietileno de Alta Densidade);
- Cera de carnaúba;
- Filme plástico;
- Papel toalha.

4.2.2 Obtenção e preparo dos materiais

4.2.2.1 Palha de Milho

A palha de milho foi obtida em uma feira livre local realizada semanalmente no município, conforme ilustrado na Figura 5. O material foi coletado junto a um comerciante que não possuía uma destinação específica para o resíduo gerado durante a comercialização do milho. Parte das palhas foi proveniente da compra do produto, enquanto a outra parte consistia em resíduos que seriam descartados.

Figura 5 - Feira livre Alexandria-RN



Fonte: Disponível em: https://www.instagram.com/reels/DMLaRy_R539/. Acesso em: 19 Jun. 2026.

Após a coleta, as palhas de milho foram submetidas a um processo de secagem conforme a Figura 6 e 7 com o objetivo de reduzir sua umidade e possibilitar sua utilização na produção das telhas. Como foram realizadas duas coletas do material ao longo da pesquisa, diferentes métodos de secagem foram empregados.

Na primeira remessa, a secagem ocorreu de forma natural como apresentado na Figura 2, por meio da exposição das palhas à luz solar até a completa remoção da umidade. Na segunda remessa, o material foi inicialmente submetido ao aquecimento em forno a gás como mostra a Figura 3, para acelerar o processo de desidratação e, posteriormente, exposto à luz solar para conclusão da secagem. A utilização do forno teve como finalidade reduzir o tempo necessário

para o preparo do material, uma vez que a secagem natural demandou um período mais prolongado na primeira coleta.

Figura 6 - Desidratação no sol



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Figura 7 - Primeira etapa de desidratação no forno a gás.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Após a secagem, as palhas de milho foram trituradas como na Figura 9, no laboratório de Química aplicada na UFERSA, utilizando um moinho de facas SL – 31 como apresentado na Figura 8, com o objetivo de reduzir o tamanho das fibras e facilitar sua incorporação à matriz cerâmica.

Figura 8 – Moinho de facas utilizado para triturar a palha.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 9 - Processo de moagem.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Em seguida, o material triturado foi armazenado em um béquer de 500 mL. Posteriormente, realizou-se a pesagem das amostras obtidas, conforme ilustrado na Figura 10.

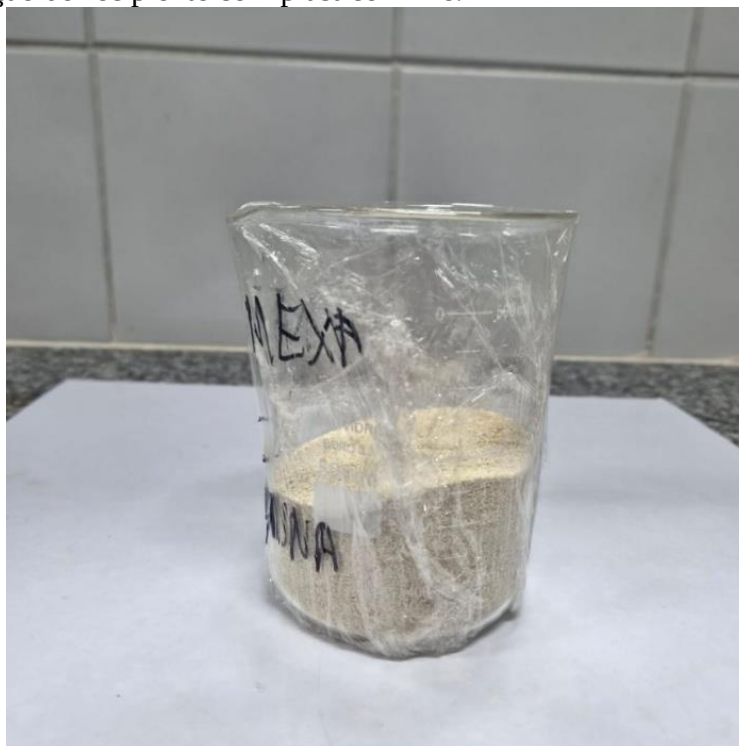
Figura 10 - Pesagem das amostras



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Por fim, o recipiente foi vedado com filme plástico, como mostra a Figura 11. A fim de evitar a absorção de umidade do ambiente até sua utilização na produção das telhas.

Figura 11 - Vedação do recipiente com plástico filme.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

4.2.2.2 Argila

A argila (Argila Forte ou Pôa) utilizada na pesquisa já se encontrava disponível no Laboratório de Materiais de Construção da UFERSA. O material havia sido previamente coletado na Cerâmica TMelo, localizada no município de Apodi-RN, conforme ilustrado na Figura 12 e descrito por (Fonseca, 2026). Após a coleta, a argila foi disponibilizada para utilização nesta pesquisa. Entretanto, o material apresentava-se na forma de torrões, tornando necessária uma etapa prévia de destorroamento para adequação às etapas posteriores do experimento.

Figura 12 - Argila antes do processo de destorroamento.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Devido à elevada rigidez do material, foram utilizados diferentes instrumentos para a redução do tamanho dos torrões, como ilustrado na Figura 13. Inicialmente, empregou-se uma marreta para fragmentação das porções maiores. Em seguida, utilizou-se um pistilo de madeira para promover uma redução adicional da granulometria, facilitando o processo de peneiramento.

Figura 13 - Materiais utilizados e processo de destorroamento



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após o destorroamento, a argila foi submetida ao peneiramento utilizando peneiras com aberturas de 600 μm e 425 μm (micrômetros), conforme ilustrado nas Figuras 14 e 15, com o objetivo de obter partículas mais finas e uniformes. Posteriormente, o material foi armazenado em béqueres de 500 mL previamente higienizados.

Figura 14 – Peneiras utilizadas



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 15 – Processo de peneiramento



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

As amostras foram então pesadas e vedadas com filme plástico (Figura 16), visando minimizar a absorção de umidade do ambiente até sua utilização na produção das telhas.

Figura 16 - Pesagem das amostras e vedação com o papel filme.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

4.3 Processo de obtenção da telha

4.3.1 Primeira formulação

A definição da primeira formulação experimental foi influenciada pela limitada disponibilidade de estudos específicos sobre a utilização da palha de milho na produção de telhas. Por esse motivo, optou-se pela realização de um teste inicial, com o objetivo de observar o comportamento da mistura durante as etapas de homogeneização, moldagem e secagem. As quantidades adotadas também consideraram o volume de fibra obtido após a coleta, secagem e trituração da palha de milho, buscando verificar como uma proporção maior de fibra se comportaria quando incorporada à matriz argilosa.

Para a produção do primeiro protótipo, foram utilizados 120 g de argila peneirada, 76 g de fibra de milho triturada e 315 mL de água. A água foi adicionada gradualmente até que a mistura apresentasse consistência suficiente para a moldagem. Essa formulação correspondeu a aproximadamente 61,2% de argila e 38,8% de fibra de milho em relação à massa total dos materiais sólidos. A composição utilizada nesta etapa é apresentada na Quadro 1.

Quadro 1 - Primeira formulação para obtenção da telha

Material	Quantidade
Argila	120g
Palha triturada	76g
Água	315 mL

Fonte: Autoria própria (2026)

A quantidade de fibra empregada correspondeu ao material obtido após as etapas de coleta, secagem e trituração realizadas durante a preparação da matéria-prima (Figura 17).

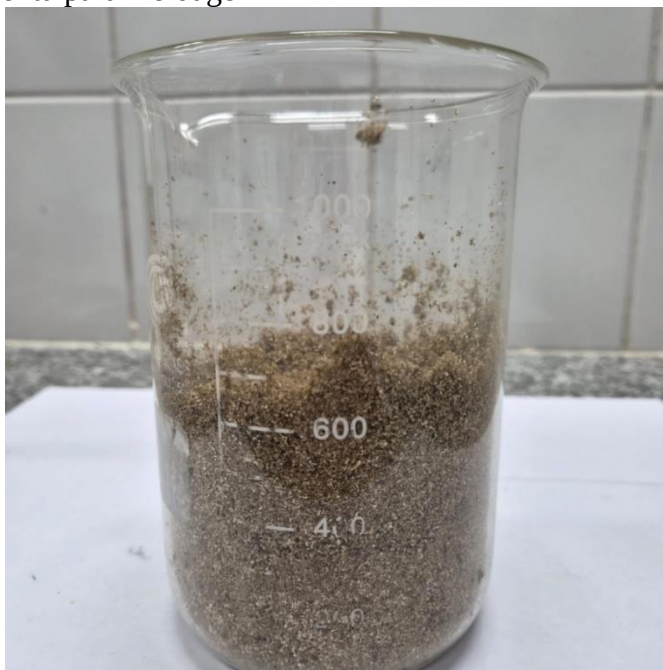
Figura 17 - Pesagem da argila e palha



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Inicialmente, os materiais secos foram homogeneizados manualmente com auxílio de uma espátula de aço inox até a obtenção de uma distribuição uniforme das fibras na matriz argilosa. Em seguida, foi adicionada água de abastecimento convencional de forma gradual, em etapas sucessivas, até que a mistura apresentasse consistência adequada para a moldagem como na Figura 18.

Figura 18 - Massa pronta para moldagem



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Para a moldagem das telhas, foram utilizados moldes previamente higienizados e untados com cera de carnaúba (Figuras 19 e 20), empregada como agente desmoldante. Após a inserção da massa nos moldes, as partes foram unidas e fixadas com auxílio de cliques metálicos (Figura 21), visando manter a estabilidade da peça durante o processo de moldagem.

Figura 19 – Cera de carnaúba utilizada como desmoldante



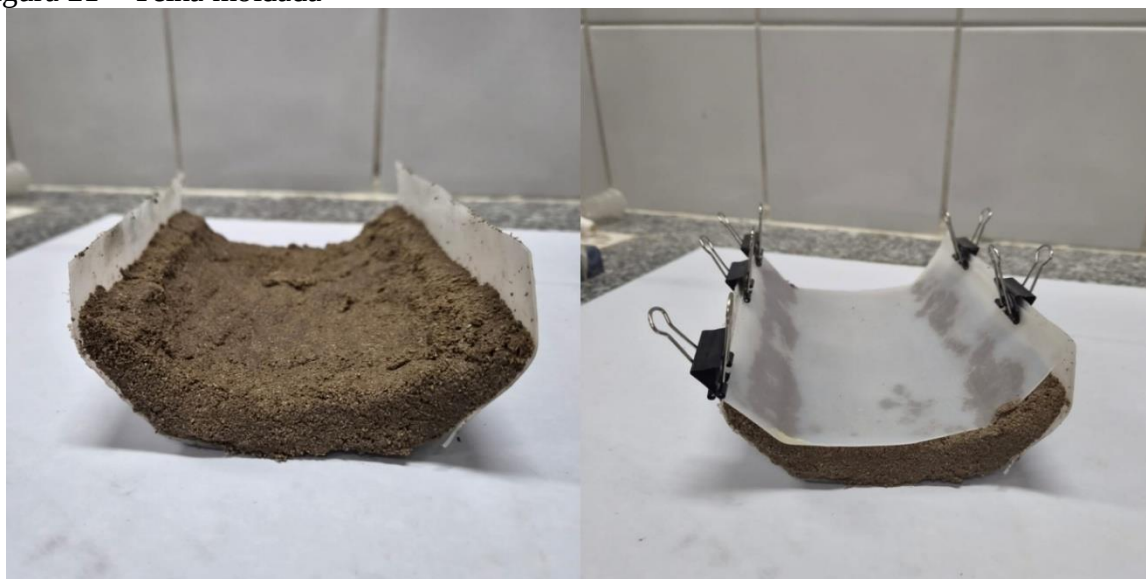
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 20 - Molde untado com cera de carnaúba



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 21 – Telha moldada



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Concluída a moldagem, a amostra permaneceu no interior do molde, nas dependências do laboratório, por aproximadamente 72 horas para o início do processo de secagem.

4.3.2 Segunda formulação

Com base nos resultados observados na primeira formulação, realizou-se uma segunda formulação experimental, promovendo alterações nas quantidades dos materiais utilizados. A quantidade de fibra de milho foi reduzida para 40 g, correspondendo a 10% da massa de argila, com o objetivo de favorecer a homogeneização da mistura e melhorar seu comportamento durante as etapas de moldagem e secagem. Além disso, a quantidade de argila foi aumentada para 400 g, visando proporcionar maior coesão à matriz cerâmica.

Para essa formulação, foram utilizados 400 g de argila peneirada, 40 g de fibra de milho triturada e 210 mL de água destilada, adicionada gradualmente até a obtenção de uma mistura com consistência adequada para a moldagem. A composição utilizada nesta etapa é apresentada na Quadro 2.

Quadro 2 – Segunda formulação para obtenção da telha.

Material	Quantidade
Argila	400g
Palha triturada	40g
Água destilada	150 mL

Fonte: Autoria própria (2026)

O procedimento adotado para a produção do segundo protótipo seguiu, de modo geral, as mesmas etapas empregadas no primeiro, sendo realizadas adaptações nas proporções dos materiais utilizados. Inicialmente, os componentes secos foram homogeneizados manualmente até a obtenção de uma mistura uniforme (Figura 22), visando promover uma melhor distribuição das fibras na matriz argilosa.

Figura 22 – Materiais secos já homogeneizados



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Em seguida, foram adicionados 150 ml de água destilada, promovendo a mistura dos componentes com auxílio de uma espátula de aço inoxidável até a formação de uma massa homogênea e adequada para moldagem, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Massa após homogeneização



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Para a moldagem da telha, foi utilizado um dos moldes previamente higienizado e untado com cera de carnaúba conforme apresentado nas figuras 19 e 20, empregada como agente desmoldante. A massa foi inserida no molde e submetida ao acabamento superficial com auxílio de uma espátula de aço inoxidável revestida com uma fina camada de cera, favorecendo o alisamento da superfície e a uniformização da peça moldada (Figura 24).

Figura 24 – Aspecto da telha após a moldagem e acabamento superficial.



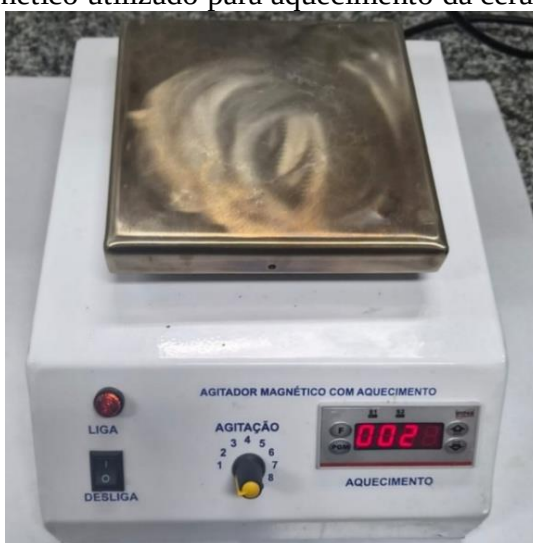
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após a moldagem, a telha foi acompanhada durante o processo de secagem por meio de registros fotográficos periódicos e observações visuais. Ao longo desse período, foram

realizados registros das alterações observadas na peça, bem como do comportamento do material durante a perda de umidade.

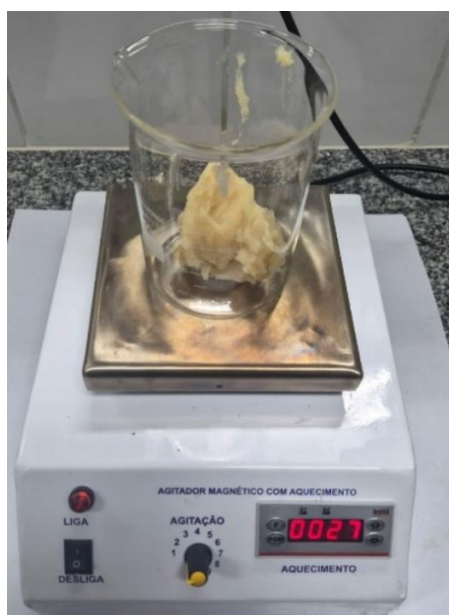
Após a secagem da telha, foi realizada uma etapa de impermeabilização utilizando cera de carnaúba (Figura 19). Para isso, a cera foi aquecida em agitador magnético com aquecimento (Figuras 25 e 26) até atingir consistência adequada para aplicação. Em seguida, o material foi distribuído sobre a superfície da telha, como mostrado na Figura 39, formando uma camada protetora destinada a reduzir a absorção de água.

Figura 25 – Agitador magnético utilizado para aquecimento da cera



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 26 – Cera de carnaúba utilizada na impermeabilização da telha.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

4.4 Avaliação da eficácia do produto

- medição das dimensões;
- observação visual;
- pesagem;
- imersão em água;

4.5 Tratamento dos dados

A avaliação da telha produzida foi realizada por meio de análises físicas simples, incluindo observação visual, acompanhamento do processo de secagem, medição das dimensões da peça e ensaio de absorção de água por imersão.

As dimensões da telha foram obtidas com auxílio de régua graduada, sendo registrados comprimento e espessura. Também foram realizados registros fotográficos ao longo do período de secagem para acompanhamento do comportamento da peça.

Para avaliação da absorção de água, foram realizados ensaios adaptados com base nos procedimentos descritos na ABNT NBR 15310-2, que estabelece métodos de ensaio para telhas cerâmicas. Considerando as características específicas do material desenvolvido nesta pesquisa, composto por argila e fibra de milho, algumas adaptações foram realizadas para possibilitar a aplicação do ensaio ao protótipo produzido.

Inicialmente, a telha foi submetida à aplicação de água corrente, seguida da remoção do excesso de água superficial e posterior pesagem. Em seguida, a amostra foi submetida à imersão em água, visando avaliar seu comportamento frente à exposição prolongada à umidade. Antes e após os ensaios, foram realizadas pesagens da peça para acompanhamento de possíveis variações de massa associadas à absorção de água.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características das telhas produzidas

5.1.1 Primeira formulação

O teste inicial foi realizado utilizando 120 g de argila peneirada, 76 g de fibra de milho triturada e 315 mL de água, conforme apresentado na Tabela 1. A mistura dos componentes possibilitou a incorporação das fibras à matriz argilosa, resultando em uma massa com consistência suficiente para permitir a moldagem manual da peça. Entretanto, a elevada quantidade de fibras dificultou a conformação da massa e a obtenção de um acabamento mais uniforme quando comparada à formulação posteriormente desenvolvida.

Após aproximadamente 72 horas de secagem, verificou-se a formação de fissuras na peça, impossibilitando a continuidade das etapas previstas para sua avaliação. Diante desse comportamento, optou-se pela elaboração de uma nova formulação, reduzindo a quantidade de fibra e aumentando a proporção de argila, com o objetivo de melhorar o comportamento da mistura durante as etapas de moldagem e secagem.

5.1.2 Segunda formulação

O protótipo produzido a partir da formulação contendo 400 g de argila peneirada, 40 g de fibra de milho triturada e 210 mL de água destilada, apresentada na Tabela 2, apresentou formato semelhante ao molde utilizado durante sua fabricação, mantendo suas características geométricas após as etapas de secagem e desmolde. As dimensões obtidas foram aproximadamente 16 cm de comprimento, com espessura variando entre 1,0 e 1,5 cm. Essa variação ocorreu em razão do processo de moldagem manual empregado durante a fabricação.

Visualmente, a superfície da peça apresentou aspecto uniforme. Entretanto, na face que permaneceu em contato com o molde, observaram-se pequenas irregularidades e vazios, atribuídos ao preenchimento manual da massa durante a moldagem.

As fibras de milho permaneceram distribuídas ao longo da matriz argilosa, sendo identificadas visualmente apenas pequenas porções na superfície da telha. Esse comportamento indica que a incorporação das fibras ocorreu de maneira adequada durante a preparação da mistura.

Durante a moldagem, observou-se que a mistura apresentou melhor comportamento em comparação ao teste inicial, facilitando a conformação manual da peça, o acabamento e a desmoldagem.

Após a secagem, a telha manteve seu formato e pôde ser manuseada sem apresentar fissuras. Também foi observada a formação de uma coloração esbranquiçada em alguns pontos da superfície (Figura 27), especialmente na região superior da peça. Essa característica pode estar associada à exposição ao sol durante o processo de secagem.

Figura 27 – Protótipo antes da impermeabilização



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

5.1.3 Comportamento da telha durante o processo de secagem

Após a finalização da telha, foi realizada sua pesagem inicial (Figura 28), ainda acondicionada no molde utilizado para a moldagem, sendo registrada uma massa de 583 g. Em seguida, a peça foi envolvida com papel filme, no qual foram realizadas pequenas perfurações na parte superior conforme ilustrado na Figura 29, de modo a evitar a exposição direta ao vento e à luz solar, sem que o ambiente permanecesse completamente vedado, reduzindo assim a possibilidade de proliferação de fungos. Posteriormente, a telha permaneceu em repouso por pouco mais de um dia para o início do processo de secagem.

Figura 28 – Pesagem inicial pós-moldagem



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 29 – Telha embalada para descanso



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após aproximadamente 28 horas de secagem, foi realizada uma nova pesagem da telha (Figura 30), ainda acondicionada no molde, sendo registrada uma massa de 563 g. Durante esse período, a peça permaneceu protegida por papel filme perfurado e armazenada em ambiente com baixa incidência de luz e ventilação moderada. Observou-se, portanto, uma redução de 20 g em relação à massa inicial, indicando a perda gradual de umidade durante o processo de secagem. Após essa etapa, o papel filme foi removido e a telha permaneceu em repouso, em ambiente ventilado e sem exposição direta à luz solar, para dar continuidade ao processo de secagem.

Figura 30 – Pesagem da telha após aproximadamente 28 horas de secagem



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após mais algumas horas, totalizando aproximadamente 51 horas de secagem, foi realizada uma nova pesagem, sendo registrada uma massa de 525 g antes da desmoldagem, conforme apresentado na Figura 31. Em seguida, a peça foi desmoldada sem dificuldades, apresentando massa de 489 g (Figura 32). Apesar de a telha já apresentar condições adequadas para a desmoldagem, como pode ser observado na Figura 33, optou-se por mantê-la em repouso até completar aproximadamente 72 horas de secagem, devido à possibilidade de deformações durante esse processo.

Figura 31 – Pesagem da telha após aproximadamente 51 horas de secagem.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 32 – Pesagem após desmolde e 51 horas de secagem



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 33 - Aparência da telha após desmolde e 51 horas de secagem



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após pouco mais de três dias desde sua fabricação, a telha foi submetida à exposição direta ao sol, com o objetivo de acelerar a perda de umidade e concluir o processo de secagem. Antes da exposição solar, foi realizada uma nova pesagem da peça conforme apresentado na Figura 35, registrando-se uma massa de 425 g. Após aproximadamente seis horas de exposição

ao sol, a telha foi novamente pesada, como mostra Figura 36, apresentando massa de 390 g. Observou-se, portanto, uma redução de 35 g, evidenciando a continuidade da perda de umidade durante o processo de secagem.

Figura 34 – Aparência da telha antes da exposição ao sol.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 35 – Pesagem da telha antes da exposição ao sol.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

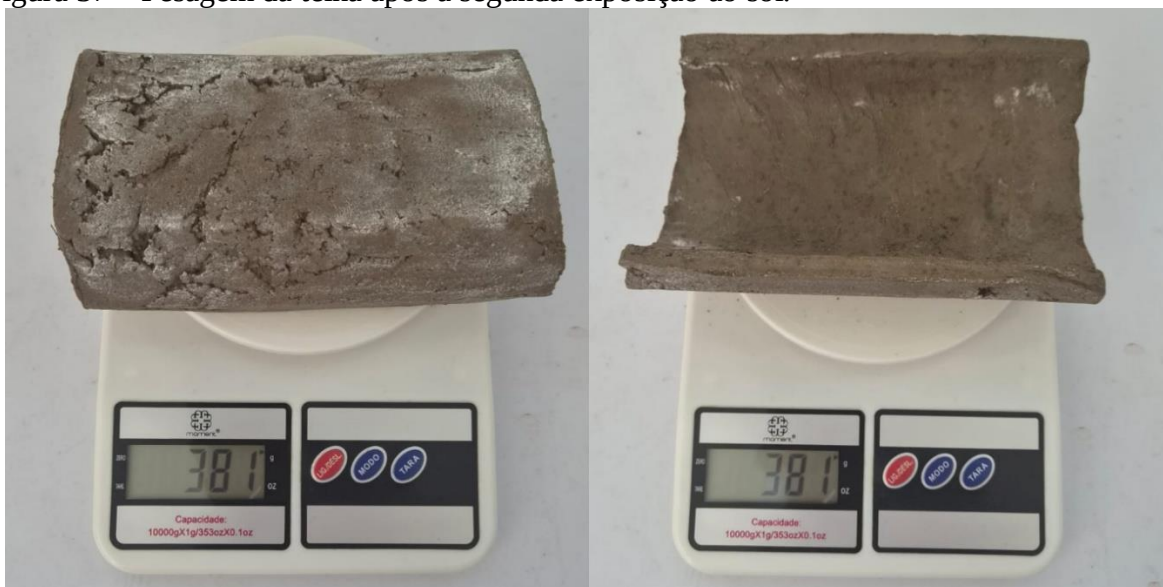
Figura 36 – Pesagem da telha após da exposição ao sol.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

No dia seguinte, a telha foi novamente submetida à exposição solar por algumas horas, visando dar continuidade ao processo de secagem. Posteriormente, foi mantida em ambiente protegido até a realização de uma nova pesagem, conforme a Figura 37. Nessa etapa, a peça apresentou massa de 381 g, evidenciando a continuidade da perda de umidade.

Figura 37 – Pesagem da telha após a segunda exposição ao sol.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Após essa pesagem, a telha permaneceu exposta ao sol e à ventilação natural por mais algumas horas, com o objetivo de concluir o processo de secagem. Em seguida, a peça foi

encaminhada para a etapa de impermeabilização com cera de carnaúba, sendo novamente pesada (Figura 38) e registrada uma massa de 378 g após esse período adicional de secagem.

Figura 38 – Massa da telha após secagem e impermeabilização



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Quadro 3 – Variação da massa da telha durante o processo de secagem

Tempo de secagem	Massa (g)	Condição da amostra
0 h	583	Telha recém-moldada, acondicionada no molde
28 h	563	Telha acondicionada no molde e protegida por filme plástico perfurado
51 h	525	Telha ainda no molde, antes da desmoldagem
51 h	489	Telha após a desmoldagem
≈ 88 h	425	Antes da primeira exposição ao sol
≈ 94 h	390	Após aproximadamente 6 horas de exposição ao sol
≈ 108 h	381	Após segunda etapa de secagem
≈ 112 h*	378	Massa final observada antes da etapa de avaliação da impermeabilização

Fonte: Autoria própria (2026)

5.2 Avaliação da absorção de água e impermeabilização

Após a aplicação da cera de carnaúba, observou-se a formação de uma camada superficial sobre a telha, caracterizando a etapa de impermeabilização da peça, conforme apresentado na Figura 39. Além disso, verificou-se uma redução do aspecto esbranquiçado observado anteriormente na superfície do protótipo, conferindo uma aparência mais uniforme à telha.

Figura 39 – Telha após o processo de impermeabilização



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Para avaliar o comportamento da telha em contato com a água, inicialmente foi realizada a aplicação de água corrente sobre a superfície da peça (Figura 40).

Figura 40 – Aplicação de água corrente sobre a superfície da telha.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Após o ensaio, a água superficial foi removida e a telha permaneceu em repouso até a realização de uma nova pesagem (Figura 41). Verificou-se que não houve alteração significativa em sua massa quando comparada à pesagem realizada anteriormente, indicando que o contato superficial com a água não provocou absorção perceptível durante essa etapa. Além disso, não foram observadas alterações visuais significativas em sua estrutura, sugerindo que a impermeabilização aplicada apresentou desempenho satisfatório frente ao contato superficial com a água.

Figura 41 – Pesagem da telha após contato com a água corrente



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Posteriormente, foi realizado um ensaio de imersão conforme ilustrado na Figura 42, elaborado com base nos procedimentos descritos na ABNT NBR 15310-2, utilizada apenas como referência para a construção da metodologia empregada nesta pesquisa. Considerando as características específicas do protótipo desenvolvido, optou-se por realizar uma avaliação própria do comportamento da telha em contato prolongado com a água.

Figura 42 – Início do ensaio de imersão da telha em água.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Durante a imersão, observou-se que a peça apresentou rápida perda de integridade estrutural (Figuras 43 e 44), impossibilitando a continuidade das avaliações previstas. Esse resultado demonstra que, embora o material tenha apresentado desempenho satisfatório frente ao contato superficial com a água, ainda são necessários aperfeiçoamentos para aumentar sua resistência à exposição prolongada à umidade.

Figura 43 – Durante o processo de imersão



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 44 – Telha após imersão



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

5.3 Aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade da telha

A utilização da palha de milho na produção da telha proposta apresenta potencial contribuição ambiental, uma vez que esse material consiste em um resíduo agrícola frequentemente subaproveitado após a colheita. Conforme destacado por Ribeiro (2024), a argila constitui uma das principais matérias-primas empregadas pela indústria cerâmica, destacando-se pela sua abundância e facilidade de obtenção.

De forma semelhante, Romão (2015) destaca que a palha de milho é um resíduo agrícola abundante e pouco aproveitado economicamente, sendo frequentemente destinada a usos de baixo valor agregado. Nesse contexto, sua utilização na produção de materiais para a construção civil pode representar uma alternativa para o aproveitamento desse resíduo e para a redução de desperdícios associados às atividades agrícolas.

Além disso, por se tratar de uma fibra vegetal de origem lignocelulósica, a palha de milho está associada ao uso de matérias-primas renováveis, característica frequentemente relacionada a materiais com potencial de degradação natural quando comparados a materiais sintéticos. Entretanto, não foram realizados ensaios específicos de biodegradabilidade nesta pesquisa. Dessa forma, não é possível afirmar o comportamento do protótipo em condições reais de degradação, sendo necessários estudos complementares para confirmar esse potencial.

Assim, os resultados obtidos indicam que o aproveitamento da palha de milho pode representar uma alternativa ambientalmente interessante para a produção de materiais

destinados à construção civil, contribuindo para a valorização de resíduos agrícolas e para o uso mais eficiente dos recursos naturais.

5.4 Potencial de viabilidade econômica

A avaliação econômica da telha desenvolvida não foi realizada de forma quantitativa, uma vez que o estudo foi conduzido em escala laboratorial. Dessa forma, não foram considerados custos relacionados à produção em larga escala, mão de obra, transporte ou aquisição de matéria-prima em quantidades comerciais.

Entretanto, observa-se que os materiais empregados na produção do protótipo apresentam ampla disponibilidade. Como já abordado anteriormente e seguindo a linha de raciocínio apresentada por Ribeiro (2024), a argila constitui uma das principais matérias-primas utilizadas pela indústria cerâmica, destacando-se pela sua abundância e facilidade de obtenção. De forma semelhante, a palha de milho corresponde a um resíduo agrícola amplamente disponível em regiões produtoras, podendo representar uma alternativa para o aproveitamento de materiais que normalmente possuem baixo valor agregado.

Apesar desse potencial, a viabilidade econômica da produção em escala comercial depende de estudos complementares que considerem fatores como disponibilidade contínua da matéria-prima, logística de transporte, processamento das fibras e custos de fabricação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta pesquisa, buscou-se desenvolver e avaliar uma telha ecológica produzida a partir da incorporação da palha de milho à matriz argilosa, investigando o potencial desse resíduo agrícola como matéria-prima alternativa para a construção civil. A fabricação dos protótipos possibilitou avaliar o comportamento do material e compreender os desafios envolvidos no desenvolvimento de uma alternativa sustentável para a construção civil. Embora tenham sido observadas limitações relacionadas principalmente à resistência à água, os protótipos apresentaram desempenho satisfatório em condições secas, evidenciando a viabilidade inicial da proposta e o potencial de aproveitamento desse resíduo agrícola.

Cabe destacar que o desenvolvimento da pesquisa ocorreu dentro das condições e recursos disponíveis, o que limitou a realização de análises complementares e ensaios mais abrangentes. Além disso, fatores como o processo de secagem, a ausência de queima e a necessidade de aprimoramento da impermeabilização influenciaram diretamente os resultados obtidos. Apesar dessas limitações, a experiência permitiu identificar aspectos que podem ser aperfeiçoados em trabalhos futuros, contribuindo para o avanço dos estudos sobre materiais sustentáveis aplicados à construção civil.

Dessa forma, considera-se que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que foi possível produzir e avaliar os protótipos desenvolvidos, bem como investigar o potencial da palha de milho como matéria-prima alternativa. Os resultados obtidos indicam que a proposta possui potencial para aperfeiçoamento e reforçam a importância do reaproveitamento de resíduos agrícolas como estratégia para reduzir impactos ambientais e incentivar práticas mais sustentáveis no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. ABREMA. **Mais de 41% dos resíduos urbanos tiveram destinação inadequada em 2023.**, 11 dez. 2024.

Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/12/11/mais-de-41-dos-residuos-urbanos-tiveram-destinacao-inadequada-em-2023/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13858-2:** Telhas de concreto — Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310-2:** Componentes cerâmicos — Telhas — Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

BARROS, Giovanna Helena Aquino de. **Utilização de rejeitos de quartzito do município de Guapé-MG como agregado na produção de telhas de concreto.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2020.

BATISTA, Ledson Leitão; DUTRA, Ricardo Peixoto Suassuna; CAMPOS, Lizabeth Fernanda Araújo. **Efeito do uso de esferas de poliestireno expandido na obtenção e propriedades de telhas de concreto.** Cerâmica Industrial, v. 30, e1230, 2025. DOI: 10.4322/cerind.2025.012.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **ADI 4066/DF – Ação Direta de Inconstitucionalidade.** Relatora: Ministra Rosa Weber. Julgamento sobre a proibição da extração, industrialização e comercialização do amianto. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stf/770046807/adi-4066-df>. Acesso em: 5 nov. 2025.

CAMPOS, R. F. F.; ZINI, D. **Análise avaliativa e comparativa entre telha ondulada ecológica, telha ondulada de fibrocimento e telha ecológica de tubos de pasta de dente.** IGNIS: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação, v. 11, n. 1, p. 12-31, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/3086/1499>. Acesso em: 5 nov. 2025.

CASAGRANDE, T. **Comparação técnica, econômica e ambiental entre telhas de material reciclado e telhas convencionais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 2021. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/57d89-casagrande,-t.-comparacao-tecnica,-economica-e-ambiental-entre-telhas-de-material-reciclado-e-telhas-convencionais,-2021.-tcc-defendido-em-julho-de-2.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2025.

FERNANDES, T. M. D. **Elaboração e avaliação da biodegradabilidade de compósitos à base de poliéster e amido com palha de milho.** Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Química, 2013. Disponível em: <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/bitstream/1/15754/1/dissertacao%20teresa%20maria%20dias%20fernandes%20formatada.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

FONSECA, Maycon Douglas Nunes. **Incorporação de resíduos de construção civil em tijolos ecológicos: análise da resistência mecânica e absorção de água**. 2024. 69 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros, Pau dos Ferros, 2024.

FONSECA, Newton Drassy Romeiro da. **Avaliação do comportamento teórico e experimental em espécimes de telhas metálicas autoportantes submetidas à flexão**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

GOIÁS. Lei nº 22.932, de 15 de agosto de 2024. **Estabelece prazo para encerramento das atividades de extração e beneficiamento do amianto da variedade crisotila, conforme a Lei nº 20.514, de 16 de julho de 2019, e dá outras providências**. Goiânia: Governo do Estado de Goiás, 2024. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/109385/lei-22932. Acesso em: 06 Jul. 2026.

GUIMARÃES, C. C. C.; MARTINS DE PAULA, H. **Efeito sinérgico das cinzas de biomassa em argamassas: desempenho em diferentes períodos de estocagem**. Paranoá, v. 18, p. e52950, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18830/1679-09442025v18e52950>. Acesso em: 18 nov. 2025.

KIM, S. J.; WILLIAMS, D.; CHERESH, P.; KAMP, D. W. Asbestos-Induced Gastrointestinal Cancer: An Update. **Journal of Gastrointestinal & Digestive System**, v. 3, n. 3, p. 135, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4172/2161-069X.1000135>. Acesso em: 5 nov. 2025.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014. DOI: <https://doi.org/10.22567/rep.v3i1.124>. Acesso em: 9 dez. 2025.

MARQUES, A. C.; CAMPOS, A.; MATIAS, R. **Revestimento cimentício composto por resíduos da construção civil e resíduo agrícola – palha de milho**. In: CONRESOL – I CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, Gramado, 2018. Disponível em: <https://ibeas.org.br/conresol/conresol2018/IV-067.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

MARQUES, M. D. *et al.* **Materiais alternativos na construção civil: um comparativo entre o uso de materiais convencionais e recicláveis, tijolos e concretos para construções sustentáveis**. UNESP, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/379458403_Alternative_materials_in_civil_construction. Acesso em: 17 nov. 2025.

MELLO, J. L. A.; VIEIRA, L. M.; GITAHY, P. F. S. C. C. **Uma comparação entre bioconstrução e construção tradicional: análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental**. In: ENSUS 2019 – ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, 2019. p. 150-162. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/244753>. Acesso em: 5 nov. 2025.

MENDES, C. A. C. **Caracterização e utilização do resíduo de palha de milho para obtenção de nanocelulose**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Química, 2014. Disponível em: <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/bitstream/1/15768/1/Carlos%20Augusto%20de%20Carvalho%20Mendes.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

MIRANDA, Deyvid Wilson Silva. **Estrutura metálica para cobertura em telha cerâmica: procedimento executivo, análise estrutural e custos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

MOURA, Isaac Anderson Alves de. *et al.* **Biomassa proveniente da palha do milho Zea mays: caracterização para análise da viabilidade na produção de briquete**. In: CONIMAS – I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD4_SA35_ID751_19092019135355.pdf. Acesso em: 18 nov. 2025.

OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PINTO, V. R. S. *et al.* O banimento do amianto no Brasil e os desafios para as políticas em desamiantagem. **Mercado de Trabalho: Conjuntura e Análise**, v. 29, n. 76, p. 121-137, out. 2023. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/99e025e7-7156-4601-aa07-d09fc4145101/content>. Acesso em: 5 nov. 2025.

RESENDE, E. P.; MEDEIROS, R. A. Ecoeficiência na construção civil: minimização de impactos. **Revista Contemporânea**, v. 5, n. 3, p. 211–223, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/6370/4584>. Acesso em: 5 nov. 2025.

RIBEIRO, Ester de Lucena Silva. **Análise técnica de telhas cerâmicas comercializadas no município de Patos-PB, fabricadas nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. 2024. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2024. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/38060>. Acesso em: 03 jun. 2026.

ROMÃO, Daniela Ramalho. **Potencial de fibras de resíduo agrícola: palha de milho (Zea mays L.) para produção de celulose**. 2015. 35 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/13337>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SILLOS, R. C. **Descrição do processo de substituição e descarte de telhas de cimento-amianto de um pavilhão industrial na região metropolitana de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/218023>. Acesso em: 9 dez. 2025.

SILVA, G. A. *et al.* **Gerenciamento dos resíduos sólidos para mitigar o impacto ambiental: uma abordagem na construção civil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Administração) – ETEC Cidade Tiradentes, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/34219>. Acesso em: 9 dez. 2025.

SILVA, J. F. A.; DIB, R. C. **Análise comparativa de uma construção sustentável e convencional.** Universidade São Francisco, 2021. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3602.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.