

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E BIOENERGIA EM TEMPOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: O PAPEL ESTRATÉGICO DA BIOMASSA DIANTE DA INTENSIFICAÇÃO DOS EVENTOS ASSOCIADOS AO EL NIÑO

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND BIOENERGY IN TIMES OF CLIMATE CHANGE: THE STRATEGIC ROLE OF BIOMASS AMIDST THE INTENSIFICATION OF EL NIÑO-RELATED EVENTS

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-126>

Submetido em: 20/07/2026 e Publicado em: 13/08/2026

SAS: e26352

Ariel de Macedo Pereira do Couto
Mestranda em Engenharia Civil - UFRJ
Rio de Janeiro - RJ
E-mail: Ar_couto@hotmail.com

Ana Claudete Nascimento da Silva
Graduada em Recursos Humanos
Pós-graduação em Meio Ambiente
E-mail: Anasilva130668@gmail.com

Maico Danúbio Duarte Abreu
Licenciatura em Matemática – Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná
E-mail: maicodanubio@yahoo.com.br

Mateus Alves Saldanha
Doutor em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS
E-mail: mtsmateusalves@gmail.com

Pedro Henrique Silva Santos
Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFAGUA
Universidade Federal do Piauí
E-mail: Pedro303@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3484-6563>

Antonia Mirtha Elizabeth Merlos Otazú
Estudante de mestrado em Agricultura Sustentável Patente
Ciudad del Este, Alto Paraná
E-mail: merlosmirtha@gmail.com

Gideão Costa dos Santos
Engenheiro florestal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Castanhal - Pará
E-mail: Gideo.santos@ifpa.edu.br



Resumo

A sustentabilidade ambiental e a bioenergia em tempos de mudanças climáticas constituem temas centrais para o desenvolvimento de estratégias voltadas à mitigação dos impactos decorrentes da intensificação dos eventos associados ao El Niño. O presente estudo caracteriza-se como uma Revisão Bibliográfica e tem como objetivo analisar o papel estratégico da biomassa como fonte renovável de energia diante dos desafios impostos pelas alterações climáticas, destacando sua contribuição para a segurança energética, a redução das emissões de gases de efeito estufa e o fortalecimento da economia de baixo carbono. A metodologia consistiu na análise de publicações científicas nacionais e internacionais, documentos técnicos e relatórios institucionais relacionados às mudanças climáticas, bioenergia e aproveitamento sustentável da biomassa. Os resultados evidenciaram que a biomassa representa uma alternativa energética viável por possibilitar o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais, promovendo a diversificação da matriz energética, a valorização de recursos renováveis e a diminuição da dependência de combustíveis fósseis. Além da utilização energética, alguns resíduos e subprodutos da biomassa também apresentam potencial de aplicação em materiais de construção sustentáveis, ampliando as possibilidades de valorização desses recursos. Também foi identificado que eventos climáticos extremos associados ao El Niño podem afetar a disponibilidade de matéria-prima, exigindo planejamento integrado, inovação tecnológica e políticas públicas voltadas à adaptação e ao uso sustentável dos recursos naturais. Conclui-se que o fortalecimento das cadeias produtivas da biomassa constitui uma estratégia relevante para ampliar a resiliência energética e ambiental, contribuindo para o enfrentamento das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Biomassa; Bioenergia; El Niño; Mudanças Climáticas; Sustentabilidade Ambiental.

Abstract

Environmental sustainability and bioenergy have become central themes in addressing the challenges imposed by climate change, particularly the intensification of events associated with El Niño. This study is a Bibliographic Review that aims to analyze the strategic role of biomass as a renewable energy source in the face of climate-related challenges, highlighting its contribution to energy security, greenhouse gas emission reduction, and the strengthening of a low-carbon economy. The methodology consisted of analyzing national and international scientific publications, technical documents, and institutional reports related to climate change, bioenergy, and the sustainable use of biomass. The findings indicate that biomass is a viable energy alternative because it enables the utilization of agricultural, forestry, and agro-industrial residues, promoting the diversification of the energy matrix, the valorization of renewable resources, and the reduction of dependence on fossil fuels. In addition to energy generation, some biomass residues and



by-products also have potential applications in sustainable construction materials, expanding opportunities for resource valorization and supporting the circular economy. The review also identified that extreme climate events associated with El Niño may affect the availability of biomass feedstock, requiring integrated planning, technological innovation, and public policies focused on adaptation and the sustainable management of natural resources. It is concluded that strengthening biomass production chains is a strategic approach to increasing environmental and energy resilience, contributing to climate change mitigation and the promotion of sustainable development.

Keywords: Biomass; Bioenergy; Climate Change; El Niño; Environmental Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas nos sistemas ambientais, econômicos e sociais em escala global, intensificando a ocorrência de eventos climáticos extremos e comprometendo a segurança alimentar, hídrica e energética. Entre esses fenômenos, o El Niño destaca-se por modificar os padrões de temperatura e precipitação em diversas regiões do planeta, ocasionando secas prolongadas, enchentes, perdas agrícolas e impactos expressivos sobre a produção de energia e a disponibilidade de recursos naturais (IPCC, 2023; WMO, 2025). Nesse contexto, torna-se indispensável a adoção de estratégias sustentáveis capazes de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e fortalecer a resiliência dos sistemas energéticos frente às mudanças climáticas.

A bioenergia proveniente da biomassa tem se consolidado como uma das principais alternativas para a transição energética mundial. A biomassa compreende materiais orgânicos de origem vegetal, animal e de resíduos agroindustriais que podem ser convertidos em energia térmica, elétrica e biocombustíveis por diferentes processos tecnológicos. Além de favorecer a diversificação da matriz energética, seu aproveitamento contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, o reaproveitamento de resíduos e a promoção da economia circular, fortalecendo práticas alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável (Goldemberg; Lucon, 2007; IEA, 2024).

Apesar de seu elevado potencial energético, a produção de biomassa também sofre influência direta das alterações climáticas. A intensificação dos eventos associados ao El Niño pode reduzir a produtividade agrícola, comprometer a disponibilidade de resíduos utilizados como matéria-prima e aumentar a vulnerabilidade das cadeias produtivas de bioenergia. Esses impactos podem afetar não apenas o aproveitamento energético da biomassa, mas também sua valorização em outros setores, incluindo aplicações em materiais de construção sustentáveis. Dessa forma, surge o seguinte problema de pesquisa: qual é o papel estratégico da biomassa para a sustentabilidade ambiental e a segurança energética diante da intensificação dos eventos associados ao El Niño?



O objetivo geral deste estudo consiste em analisar a importância da biomassa como fonte renovável de energia para o enfrentamento das mudanças climáticas, destacando sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e para a adaptação dos sistemas energéticos aos impactos decorrentes do El Niño. Como objetivos específicos, busca-se compreender a relação entre mudanças climáticas e produção de biomassa; identificar as principais contribuições da bioenergia para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa; e discutir os desafios e oportunidades relacionados ao aproveitamento sustentável da biomassa em cenários de maior instabilidade climática.

A realização desta pesquisa justifica-se pela crescente necessidade de ampliar o conhecimento sobre fontes energéticas renováveis capazes de conciliar desenvolvimento econômico, conservação ambiental e segurança energética. A bioenergia representa uma alternativa estratégica para diversos países, especialmente aqueles com forte produção agropecuária, como o Brasil, onde a disponibilidade de resíduos agrícolas e florestais favorece a expansão da matriz energética renovável (EPE, 2024). Além disso, a discussão torna-se particularmente relevante diante da intensificação dos fenômenos climáticos extremos e do compromisso internacional com a redução das emissões de carbono estabelecido no âmbito do Acordo de Paris (UNFCCC, 2015).

Do ponto de vista teórico, estudos demonstram que a biomassa desempenha papel relevante na descarbonização dos sistemas energéticos ao promover o aproveitamento sustentável de resíduos e reduzir a dependência de combustíveis fósseis (IPCC, 2023). Goldemberg e Lucon (2007) destacam que a bioenergia constitui um dos pilares da transição para uma economia de baixo carbono, enquanto a Agência Internacional de Energia (IEA, 2024) aponta que o crescimento da bioenergia sustentável será fundamental para o alcance das metas globais de neutralidade climática. Paralelamente, os relatórios da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2025) evidenciam que a maior frequência e intensidade dos eventos associados ao El Niño reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas ao planejamento energético, ao manejo sustentável da biomassa e à adaptação dos sistemas produtivos às mudanças climáticas.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivos exploratórios e descritivos. A abordagem qualitativa foi adotada por permitir a interpretação das relações entre sustentabilidade ambiental, mudanças climáticas, bioenergia, biomassa e eventos associados ao El Niño, considerando seus aspectos ambientais, energéticos, econômicos e sociais. Conforme Minayo (2016), a pesquisa qualitativa possibilita compreender fenômenos complexos a partir dos significados, das relações e dos contextos em que estão inseridos.



Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória porque busca ampliar a compreensão sobre o papel estratégico da biomassa diante da intensificação das mudanças climáticas e dos eventos relacionados ao El Niño. Também é descritiva, uma vez que identifica e apresenta as características, potencialidades, limitações e aplicações da biomassa na geração de energia renovável. De acordo com Gil (2019), a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema investigado, enquanto a pesquisa descritiva procura apresentar as características de determinado fenômeno e as possíveis relações entre suas variáveis.

2.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Em relação aos procedimentos técnicos, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica baseou-se em materiais científicos já publicados, como livros, artigos de periódicos, dissertações, teses e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema. A pesquisa documental contemplou relatórios técnicos, documentos institucionais, legislações, inventários energéticos e publicações produzidas por organismos nacionais e internacionais.

Segundo Gil (2019), a pesquisa bibliográfica permite ao pesquisador entrar em contato com conhecimentos já produzidos sobre o objeto investigado, possibilitando a análise de diferentes perspectivas teóricas. A pesquisa documental, por sua vez, utiliza materiais que ainda podem receber diferentes formas de interpretação ou que não foram elaborados originalmente com finalidade acadêmica. A utilização conjunta desses procedimentos favoreceu uma compreensão mais abrangente sobre a biomassa, a bioenergia e os impactos das alterações climáticas.

2.3 FONTES E AMOSTRA DOCUMENTAL

A amostra da pesquisa foi constituída por publicações científicas e documentos técnicos relacionados à sustentabilidade ambiental, à bioenergia, à biomassa, às mudanças climáticas e ao El Niño. Foram consideradas produções nacionais e internacionais disponibilizadas em bases de dados acadêmicas e repositórios institucionais, como Scientific Electronic Library Online, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ScienceDirect.

Também foram consultados relatórios e documentos produzidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, pela Agência Internacional de Energia, pela Organização Meteorológica Mundial, pela Empresa de Pesquisa Energética e por outras instituições ligadas às áreas ambiental, climática e energética. A escolha dessas fontes ocorreu em razão da relevância científica, da confiabilidade institucional e da relação direta com os objetivos do estudo.

A amostra documental foi definida de maneira intencional e não probabilística. Diferentemente das pesquisas de campo, não houve participação de indivíduos nem aplicação de entrevistas ou questionários. Assim, a unidade de análise foi constituída pelos conteúdos das publicações e dos documentos selecionados.



2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta dos materiais foi realizada por meio de buscas orientadas por descritores em português e inglês. Entre os termos empregados, destacaram-se: “biomassa”, “bioenergia”, “sustentabilidade ambiental”, “mudanças climáticas”, “El Niño”, “transição energética”, “resíduos agroindustriais”, “energia renovável”, “biomass”, “bioenergy”, “climate change” e “El Niño events”. Os descritores foram utilizados individualmente e de forma combinada, com o objetivo de ampliar a identificação de produções relacionadas ao problema investigado.

Como instrumento de organização dos dados, utilizou-se uma ficha de leitura elaborada pelos pesquisadores. Nela foram registrados o título da publicação, a autoria, o ano, o objetivo, o tipo de documento, a metodologia, os principais resultados, as contribuições para o estudo e as limitações apontadas. Esse procedimento possibilitou sistematizar as informações e comparar os argumentos apresentados nas diferentes fontes.

2.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram incluídos estudos e documentos que abordassem diretamente a produção ou o aproveitamento energético da biomassa, a sustentabilidade da bioenergia, os efeitos das mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos e energéticos ou a influência do El Niño na disponibilidade de recursos naturais. Também foram considerados materiais publicados em português, inglês ou espanhol, com texto completo disponível e autoria identificada.

Embora tenham sido priorizadas publicações recentes, estudos clássicos e documentos anteriores foram mantidos quando apresentaram relevância conceitual ou histórica para a compreensão do tema. Foram excluídos materiais duplicados, publicações sem identificação de autoria, textos de opinião sem fundamentação científica, conteúdos comerciais e trabalhos que apenas mencionassem os descritores sem desenvolver uma discussão relacionada aos objetivos da pesquisa.

2.6 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Após a seleção, os materiais foram submetidos à leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa. Inicialmente, foram examinados os títulos, resumos e palavras-chave. Em seguida, realizou-se a leitura integral dos documentos considerados mais relevantes. As informações foram organizadas em categorias temáticas, permitindo identificar aproximações, divergências e lacunas existentes na literatura.

A análise foi orientada pelos princípios da análise de conteúdo, compreendida como um conjunto de procedimentos sistemáticos destinados à interpretação das informações presentes nos materiais examinados. Conforme Bardin (2016), esse método envolve etapas de organização inicial, exploração do conteúdo e interpretação dos resultados.



Foram estabelecidas quatro categorias principais de análise: impactos das mudanças climáticas e do El Niño sobre a produção de biomassa; contribuições da bioenergia para a redução das emissões de gases de efeito estufa; aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais; e desafios tecnológicos, ambientais e políticos relacionados à expansão sustentável da biomassa. A partir dessas categorias, os resultados foram comparados e discutidos à luz dos objetivos definidos.

2.7 ASPECTOS ÉTICOS E LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

Por utilizar exclusivamente documentos de acesso público e produções científicas já publicadas, a pesquisa não envolveu diretamente seres humanos nem realizou intervenções com participantes. Dessa forma, não foi necessária a aplicação de termos de consentimento ou a submissão de instrumentos de coleta a participantes. Entretanto, foram respeitados os princípios de integridade acadêmica, com a indicação adequada da autoria das ideias e das informações utilizadas.

Entre as limitações metodológicas, destacam-se a dependência da disponibilidade de estudos publicados, a diversidade das metodologias empregadas nas fontes consultadas e as diferenças regionais existentes na produção e no aproveitamento energético da biomassa. Além disso, os efeitos do El Niño variam de acordo com a intensidade do fenômeno e as características climáticas de cada região. Por esse motivo, os resultados foram interpretados de forma crítica, evitando generalizações que desconsiderassem os diferentes contextos ambientais e produtivos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura demonstrou que a biomassa desempenha papel estratégico na promoção da sustentabilidade ambiental e na diversificação da matriz energética, especialmente em cenários de intensificação das mudanças climáticas. Os estudos consultados convergem ao apontar que o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais reduz a dependência de combustíveis fósseis, favorece a economia circular e contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2023; IEA, 2024). No Brasil, devido à elevada produção agropecuária, a disponibilidade de biomassa constitui uma vantagem competitiva para a expansão da bioenergia e para o fortalecimento da segurança energética.



Tabela 1 – Principais contribuições da biomassa para a sustentabilidade ambiental

Aspecto	Contribuição da biomassa	Impacto esperado
Ambiental	Redução das emissões de gases de efeito estufa	Mitigação das mudanças climáticas
Energético	Diversificação da matriz energética	Maior segurança energética
Econômico	Aproveitamento de resíduos agroindustriais para bioenergia e materiais de construção sustentáveis	Geração de renda, redução de custos e fortalecimento da economia circular
Social	Desenvolvimento de cadeias produtivas locais	Geração de emprego e inclusão produtiva
Tecnológico	Estímulo à inovação em bioenergia	Maior eficiência dos processos

Fonte: Elaborada pelos autores com base em IPCC (2023), IEA (2024), Madurwar, Ralegaonkar e Mandavgane (2013) e Thomas et al. (2021).

Os resultados também evidenciaram que os eventos associados ao El Niño influenciam diretamente a disponibilidade da biomassa. Alterações nos regimes de precipitação, aumento das temperaturas e ocorrência de secas prolongadas podem reduzir a produtividade agrícola, comprometendo a oferta de matéria-prima para a produção de bioenergia. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2025), a intensificação desses eventos climáticos tende a ampliar os riscos para os setores agrícola e energético, exigindo estratégias de adaptação e planejamento integrado.

Tabela 2 – Principais impactos do El Niño sobre a produção de biomassa

Evento climático	Consequência para a biomassa	Reflexo na bioenergia
Secas prolongadas	Redução da produtividade agrícola	Menor disponibilidade de matéria-prima
Chuvas intensas	Perdas na produção e logística	Aumento dos custos operacionais
Ondas de calor	Estresse hídrico das culturas	Redução da eficiência produtiva
Alteração do regime de chuvas	Instabilidade na oferta de resíduos vegetais	Oscilações na geração de bioenergia

Fonte: Elaborada pelos autores com base em WMO (2025), IPCC (2023) e FAO (2023).

Embora os desafios climáticos sejam significativos, a literatura destaca que investimentos em inovação tecnológica, manejo sustentável da biomassa, planejamento territorial e políticas públicas podem minimizar os impactos negativos e fortalecer a resiliência do setor energético (Goldemberg; Lucon, 2007). Além disso, a integração entre agricultura, gestão de resíduos e produção de energia favorece o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, capazes de atender às demandas energéticas sem ampliar a pressão sobre os recursos naturais. Para além da geração de bioenergia, os resíduos provenientes da biomassa também podem ser aproveitados na produção de materiais de construção, inclusive materiais cimentícios, ampliando as possibilidades de valorização desses recursos e fortalecendo a economia circular (Madurwar; Ralegaonkar; Mandavgane, 2013; Thomas et al., 2021).



Tabela 3 – Estratégias para fortalecer a bioenergia frente às mudanças climáticas

Estratégia	Objetivo	Benefício esperado
Aproveitamento de resíduos agrícolas	Aumentar a oferta de biomassa	Redução de desperdícios
Desenvolvimento tecnológico	Elevar a eficiência energética	Maior produtividade
Políticas públicas de incentivo	Expandir fontes renováveis	Segurança energética
Manejo sustentável dos recursos naturais	Preservar a disponibilidade de biomassa	Sustentabilidade ambiental
Planejamento climático	Adaptar a produção aos eventos extremos	Maior resiliência do setor
Valorização de resíduos de biomassa na construção civil	Aproveitar resíduos e subprodutos da biomassa na produção de materiais cimentícios	Redução de resíduos, economia circular e menor consumo de matérias-primas convencionais

Fonte: Elaborada pelos autores com base em IEA (2024), EPE (2024), IPCC (2023), Goldemberg e Lucon (2007), Madurwar, Ralegaonkar e Mandavgane (2013) e Thomas et al. (2021).

De modo geral, os estudos analisados indicam que a biomassa representa um componente essencial para a transição energética sustentável. Entretanto, a intensificação dos eventos associados ao El Niño reforça a necessidade de políticas integradas de adaptação climática, investimentos em pesquisa e inovação e fortalecimento das cadeias produtivas da bioenergia, garantindo maior estabilidade na oferta de energia renovável e contribuindo para o alcance das metas globais de desenvolvimento sustentável e redução das emissões de carbono.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo alcançou o objetivo de analisar o papel estratégico da biomassa como fonte renovável de energia diante da intensificação dos eventos associados ao El Niño e das mudanças climáticas, evidenciando sua relevância para a promoção da sustentabilidade ambiental, da segurança energética e da transição para uma economia de baixo carbono.

Os resultados demonstraram que o aproveitamento sustentável da biomassa contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, a diversificação da matriz energética, o reaproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais e o fortalecimento das cadeias produtivas ligadas à bioenergia. Entretanto, verificou-se que os eventos climáticos extremos relacionados ao El Niño podem comprometer a disponibilidade de matéria-prima, tornando indispensáveis o planejamento integrado, o desenvolvimento tecnológico e a implementação de políticas públicas voltadas à adaptação climática e ao uso sustentável dos recursos naturais.

Como contribuição, esta pesquisa reforça a importância da biomassa como alternativa energética estratégica para o enfrentamento das mudanças climáticas, fornecendo uma síntese atualizada da literatura e evidenciando a necessidade de integrar sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e gestão eficiente dos recursos naturais nas políticas energéticas. Além do aproveitamento energético, a valorização



de resíduos provenientes da biomassa pode ampliar suas possibilidades de utilização em outros setores, incluindo a produção de materiais sustentáveis para a construção civil, contribuindo para a redução de resíduos e para o fortalecimento da economia circular.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem a avaliação dos impactos regionais do El Niño sobre as diferentes cadeias produtivas da biomassa, bem como investiguem novas tecnologias de conversão energética, estratégias de adaptação climática e modelos de gestão capazes de ampliar a eficiência, a resiliência e a sustentabilidade da bioenergia em diferentes contextos socioeconômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2024**: Ano base 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food and Agriculture 2023**: Revealing the True Cost of Food to Transform Agrifood Systems. Rome: FAO, 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero Roadmap**: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach – 2024 Update. Paris: IEA, 2024.

MADURWAR, Mangesh V.; RALEGAONKAR, Rahul V.; MANDAVGANE, Sachin A. Application of agro-waste for sustainable construction materials: a review. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 872–878, 2013.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

THOMAS, Blessen Skariah et al. Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in concrete: a review. **Materials Today Sustainability**, v. 15, art. 100086, 2021.



UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The Paris Agreement**. Paris: UNFCCC, 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **State of the Global Climate 2024**. Geneva: WMO, 2025.