

## **XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS**

### **ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NO SUL GLOBAL: UMA REVISÃO INTEGRADA COM BASE NOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

*Emmanuel Lungas da Costa Arsénio <sup>1 2</sup>; Abel Lulendo Mavuqui Bala <sup>3</sup>, Matheus Felipe Goncalves de Souza <sup>4</sup>, Vinicius Bigogno Costa <sup>5</sup>, Ariana Verónica López Sarri <sup>6</sup>, Celia Burgos <sup>7</sup>, Diana Leyva Hernández <sup>8</sup> & Eduardo Mario Mendiondo <sup>9</sup>*

**Abstract:** Climate change represents one of the most critical systemic threats to sustainable development, disproportionately affecting populations in the Global South, where socioeconomic and environmental vulnerabilities are increasingly exacerbated by intensifying climatic shocks. This paper presents an integrative literature review, informed by critical insights, aimed at mapping and synthesizing strategies to address climate-related challenges through systemic resilience and sustainability-oriented approaches. We use Global South peoples insights and experiences. Key themes examined include the feasibility and scalability of carbon dioxide removal (CDR) technologies, the interplay between biodiversity loss and the climate crisis, risks associated with compound climate events, and the integration of climate justice principles into adaptation and mitigation frameworks. These issues are closely aligned with key Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 13 (Climate Action), SDG 15 (Life on Land), SDG 11 (Sustainable Cities and Communities), and SDG 10 (Reduced Inequalities). The analysis underscores the urgent need for integrated public policy design, informed community participation, and strengthened

<sup>1</sup> PPG SHS, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 13556-590, São Carlos-SP, seninho001@gmail.com;

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigação Científica -CNIC, Ministério do Ensino Superior, Ciência Tecnologia e Inovação, República de Angola;

<sup>3</sup> PPG Fac. Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo, 715 - São Paulo - SP, 01246-904, abelbala@usp.br

<sup>4</sup> Al. Prof. Barros Terra, s/n, 2º Andar, Campus do Valongo, Niterói, RJ, 27213-415, matheus.cg@gmail.com

<sup>5</sup> PPG Fac. Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo, 715 - São Paulo - SP, 01246-904, viniciusvbc@usp.br;

<sup>6</sup> Fac. Ing. Ambiental, Univ. Nac. Mayor San Marcos, Av. Carlos Germán Amezaga375, Lima, Perú, arianaveronica.lopez@unmsm.edu.pe

<sup>7</sup> Fac. Ing. Ambiental, Univ. Nac. Mayor San Marcos, Av. Carlos Germán Amezaga375, Lima, Perú, celiamburgost@gmail.com

<sup>8</sup> Fac. Ing. Ambiental, Univ. Nac. Mayor San Marcos, Av. Carlos Germán Amezaga375, Lima, Perú, diana.leyva@unmsm.edu.pe

<sup>9</sup> Centro Rec. Hídricos & Estudos Amb. (CRHEA), Escola de Eng. São Carlos, USP, São Carlos 13566-590, Brasil; emm@sc.usp.br

international cooperation to ensure the implementation of inclusive, equitable, and effective climate action.

**Keywords:** Global South; Sustainable Development Goals (SDGs); Climate justice.

**Resumo:** As mudanças climáticas emergem como uma das mais severas ameaças sistêmicas ao desenvolvimento sustentável, com impactos desproporcionalmente concentrados no Sul Global, onde fatores estruturais de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental são agravados por choques climáticos crescentemente frequentes e intensos. Este artigo apresenta uma revisão integrativa da literatura, respaldada por análises críticas extraídas de artigos e documento com o objetivo de mapear e sintetizar estratégias de enfrentamento aos desafios climáticos que promovam resiliência sistêmica e sustentabilidade socioambiental. Utilizamos abordagens e sensibilidades de experiências e vozes do Sul Global. São examinados temas críticos, incluindo a viabilidade e escalabilidade de tecnologias de remoção de dióxido de carbono (Carbon Dioxide Removal – CDR), a inter-relação entre as crises climática e de biodiversidade, os riscos associados a eventos climáticos compostos (compound events) e a incorporação de princípios de justiça climática nos processos de adaptação e mitigação. Tais dimensões estão intrinsecamente vinculadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ODS 13 (Ação Climática), ODS 15 (Vida Terrestre), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 10 (Redução das Desigualdades). Conclui-se pela imperiosa necessidade de formulação de políticas públicas integradas, com enfoque multidimensional e multiescalar, aliado à participação comunitária informada e à cooperação internacional fortalecida, visando a implementação de ações climáticas eficazes, inclusivas e equitativas.

**Palavras-chave:** Sul Global; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); Justiça climática.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sul Global é composto por países da África, América Latina, Ásia e Pacífico Sul. É historicamente mais vulnerável aos impactos das alterações climáticas, apesar de contribuir proporcionalmente menos para as emissões globais de gases de efeito estufa. Fatores como pobreza estrutural, desigualdade social, falta de infraestrutura e dependência de ecossistemas naturais amplificam a exposição a riscos climáticos (IPCC, 2023).

Nesse contexto, o presente trabalho surge com o objetivo de analisar criticamente os desafios e oportunidades enfrentados pelo Sul Global no combate às alterações climáticas, tendo como base os insights de Bustamante et al. (2022), além disso, este artigo busca interconectar tais reflexões aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados à ação climática, conservação da biodiversidade e justiça social.

## 2. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada em:

- 1) participação de treinamentos teóricos e avaliações práticas no Curso USP Academy CLIMARES Climate Resilience and Sustainability (fev., 2025; <https://internationaloffice.usp.br/uspacademy/#co9>),
- 2) revisão e integração de conteúdos interdisciplinares USP Academy CLIMARES ([https://drive.google.com/file/d/1Wv25xuTh\\_\\_pCtCG3yk1Zso0eS-WCqunV/view](https://drive.google.com/file/d/1Wv25xuTh__pCtCG3yk1Zso0eS-WCqunV/view)),
- 3) revisão sistemática da literatura científica suplementar, com foco em publicações sobre alterações climáticas, resiliência e sustentabilidade no Sul Global,
- 4) análise crítica de insights de sustentabilidade e resiliência comunitária, especialmente fornecidos por Bustamante et al. (2022) e Werners et al. (2021) e seu Relacionamento temático com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, 3),
- 5) fontes de acesso livre, documentos técnicos de organismos internacionais (como IPCC, ONU, UNDP), reconhecidos por suas abordagens sobre a interdependência entre clima e biodiversidade;
- 6) imersão prática de visitas temáticas no Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (EESC-USP), com tópicos e experimentos focados nos ODS e com plataforma digital de sensibilização ambiental,
- 7) Instalação de monitoramento de rio tropical, Lobo, Itirapina-Brotas/SP, [https://drive.google.com/file/d/1HRsbaiY3OLOO6PVsnIXVyzfOBDb3uNdc/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1HRsbaiY3OLOO6PVsnIXVyzfOBDb3uNdc/view?usp=share_link)
- 8) Percepção e sensibilidade de plataforma digital 3D do CRHEA EESC USP, <https://drive.google.com/file/d/1qFYzbpegKGaTPYwd0mYFTNIsCaMeYtBD/view?usp=sharing>;
- 9) Análise complementar (opcional) de dados de MNT dos levantamentos anteriores, <https://zenodo.org/records/14837184>

## Resultado e Discussão

### 3.1 Insight 3: Desafios na Escalada de Remoção de Carbono

A implementação de tecnologias de remoção de carbono (CDR – Carbon Dioxide Removal) enfrenta obstáculos significativos no Sul Global, especialmente quanto ao acesso a recursos financeiros, tecnológicos e institucionais. Embora sejam estratégicas para alcançar as metas de neutralidade carbónica, muitas dessas tecnologias são desenvolvidas em países do Norte e não levam em conta as especificidades locais.

Este tema se alinha diretamente ao ODS 13 – Ação Climática, que enfatiza a necessidade de apoio internacional para ações de mitigação e adaptação. Além disso, o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura é relevante ao defender acesso equitativo a tecnologias limpas, enquanto o ODS 1 – Erradicação da Pobreza, lembra que soluções climáticas devem ser compatíveis com o desenvolvimento social.

Como destacado por Bustamante et al. (2022), as políticas devem ser desenhadas para garantir que as soluções de CDR sejam acessíveis e sustentáveis, permitindo que essas nações participem efetivamente dos esforços globais de mitigação, sem comprometer suas necessidades sociais e econômicas.

### **3.2 Insight 5: Interligação entre Crises de Biodiversidade e Clima**

A perda de biodiversidade e as mudanças climáticas estão intrinsecamente ligadas, especialmente no Sul Global, onde comunidades dependem diretamente de ecossistemas saudáveis para sua subsistência. Como apontado por Bustamante et al. (2022) e Werners et al. (2021), é urgente tratar essas crises de forma conjunta, pois a degradação dos ecossistemas reduz a capacidade de adaptação das comunidades e aumenta a vulnerabilidade às alterações climáticas.

Essa interdependência reflete-se nos seguintes ODSs: ODS 15 – Vida Terrestre: Proteger, recuperar e promover uso sustentável dos ecossistemas terrestres, ODS 14 – Vida Subaquática: Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos e recursos marinhos, ODS 13 – Ação Climática: Integração de estratégias climáticas com conservação ambiental.

Conforme Bustamante et al. (2022) e Werners et al. (2021) políticas devem promover ações sinérgicas que integrem conservação da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas, reconhecendo que a proteção dos ecossistemas é fundamental para reduzir as vulnerabilidades climáticas.

### **3.3 Insight 6: Eventos Climáticos Compostos**

Eventos climáticos compostos, como secas seguidas de inundações, exigem novas abordagens de planejamento e resposta. Insight 6 de Bustamante et al. (2022). As estratégias convencionais de adaptação frequentemente não consideram a complexidade desses fenômenos. No Sul Global, é fundamental desenvolver sistemas de alerta precoce, infraestrutura resiliente e planos de recuperação rápida, particularmente em áreas agrícolas e costeiras. Esta questão se relaciona diretamente com: ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis: Tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável: Garantir segurança alimentar e promover práticas agrícolas sustentáveis, ODS 1 – Erradicação da Pobreza: Reduzir a exposição de populações vulneráveis aos riscos climáticos.

É crucial desenvolver políticas resilientes que considerem a complexidade e a frequência crescente desses eventos extremos, visando proteger modos de vida e a segurança alimentar. Insight 6 de Bustamante et al. (2022)

### 3.4 Insight 9: Justiça na Adaptação

A questão da justiça climática deve estar no centro das políticas de adaptação. Garantir acesso equitativo a recursos, informação e participação política é essencial para evitar que grupos vulneráveis sejam ainda mais afetados pelas mudanças climáticas. No Sul Global, isso implica rever processos decisórios, fortalecer capacidades locais e promover assistência direcionada às populações mais expostas. Essa temática é central nos seguintes ODSs: ODS 10 – Redução das Desigualdades; Reduzir desigualdades dentro dos países e entre eles; ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes; Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável; ODS 13 – Ação Climática; Garantir participação inclusiva nas políticas climáticas.

A equidade no acesso a recursos e informação é essencial para garantir uma adaptação eficaz, reforçando o princípio de 'pertencimento' proposto por Agyeman & Evans (2004) como base para políticas ambientais socialmente inclusivas.

Como argumentam Bustamante et al. (2022) e Ribot & Peluso (2003) as vozes das comunidades vulneráveis devem ser ouvidas nos processos de tomada de decisão relacionados à adaptação. A equidade no acesso a recursos e informação é essencial para garantir uma adaptação eficaz.

## Conclusão

Diante dos desafios crescentes impostos pelas alterações climáticas, é urgente repensar modelos de desenvolvimento no Sul Global. A construção de sistemas resilientes e sustentáveis exige políticas integradas, reconhecimento de saberes locais e cooperação internacional solidária. Os insights destacam a importância de abordagens transversais, que conectem clima, biodiversidade, tecnologia e justiça social. Para tanto, é necessário, como propõe Leichenko (2011) e a UNDP (2022), democratizar o acesso a tecnologias climáticas (ODS 9 e 13), promover governança participativa (ODS 16), investir em adaptação baseada em ecossistemas (ODS 14 e 15), garantir financiamento climático condizente com as necessidades regionais (ODS 1). Somente com uma visão holística e colaborativa será possível enfrentar as múltiplas crises climáticas do século XXI de maneira justa e sustentável.

## REFERÊNCIAS

1. AGYEMAN, J., & Evans, B. (2004). "Belonging" and sustainability: towards a socially inclusive environmental policy. *Local Environment*, 9(2), 117–121.
2. BUSTAMANTE, M. C. et al. (2022). Integrating biodiversity and climate action in the Global South. *Nature Climate Change*.
3. IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva.
4. LEICHENKO, R. M. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 164–168.

5. ONU (2015). *Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*
6. RIBOT, J., & Peluso, N. L. (2003). A theory of access. *Rural Sociology*, 68(2), 153–181.
7. UNDP. (2022). Human Development Report: Uncertain Times, Unsettled Lives.
8. WERNERS, S. E. et al. (2021). Compound climate risks in food systems of the Global South. *Environmental Research Letters*.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Projeto de Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (PDCT) do Governo de Angola e a Fundação da Universidade de São Paulo (FUSP) - Brasil. Aos professores do USP ACADEMY CLIMARES Climate Resilience and Sustainability, Tércio Ambrizzi (IAG/IEE-USP), Adelaide Nardocci (FSP/USP), Eduardo Assad (EMBRAPA), Cristiano Chiessi (EACH/USP), Ilana Wainer (IO/USP), Eduardo Haddad (FEA/USP), Carlos Nobre (IEA/USP), Paulo Artaxo (Centro de Amazônia/IF/USP). O suporte de técnico José André do CRHEA EESC USP e aos projetos FAPESP 22/0752-1 e FAPESP /22/08468-0