

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Plataforma de Geração de Energia Sustentável Baseada em Ciclo Fechado com Energia Cinética de CO₂ por Efeito Flash (PGES-CO₂-KE)

Saulo Augusto de Moraes

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.14333>

Submetido em: 2026-03-29

Postado em: 2026-05-05 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

Plataforma de Geração de Energia Sustentável Baseada em Ciclo Fechado com Energia Cinética de CO₂ por Efeito Flash (PGES-CO₂-KE)

Saulo Augusto de Moraes
saulo.augusto.moraes@unemat.br

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Membro da Rede Saúde Planetária

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6659-1905>

Resumo:

O presente manuscrito apresenta a Plataforma de Geração de Energia Sustentável Baseada em Ciclo Fechado com Energia Cinética de CO₂ por Efeito Flash (PGES-CO₂-KE), um sistema autônomo concebido para suprir a demanda por eletricidade em aldeias indígenas remotas do Parque Indígena do Xingu e demais Terras Indígenas do Mato Grosso, onde a ausência de infraestrutura elétrica consolidada compromete a segurança alimentar, a saúde e a educação. Desenvolvido a partir da experiência do autor como indigenista, o sistema alia requisitos técnicos de modularidade para transporte fluvial e autonomia operacional às realidades logísticas, culturais e socioambientais desses territórios. A tecnologia opera em ciclo fechado, utilizando o efeito flash do dióxido de carbono líquido para a produção de energia cinética, posteriormente convertida em eletricidade por meio de uma turbina radial biomimética. O processo compreende três etapas interligadas: (i) expansão supersônica do CO₂ líquido pressurizado (85 bar, 30°C) por meio de válvula eletrônica e bocal De Laval, gerando jato supersônico (Mach 1,5+); (ii) conversão da energia cinética em torque mecânico (15–17 Nm a 6.000 rpm) por turbina de 12 pás, acionando gerador de ímãs permanentes com potência de até 4 kW e eficiência de 94%; (iii) recuperação e recondensação do CO₂ residual mediante trocadores de calor com nanotubos de carbono e compressor de três estágios, reciclando 98,5% do fluido e demandando reposição anual de apenas 1,5%. O desenho técnico inclui reservatório em compósito carbono-epóxi, bocal De Laval usinado em carbono-PEEK, turbina com pás inspiradas em asas de aves de rapina, vedação magnética sem contato e sistema de recompressão com ventoinhas de alto fluxo. A metodologia de desenvolvimento estrutura-se em três fases: modelagem termofluidodinâmica computacional (CFD) e análise estrutural; prototipagem em bancada com instrumentação IoT para validação experimental; e implementação em campo com gestão participativa, capacitando membros das comunidades para operação e manutenção preventiva. A fundamentação teórica apoia-se em avanços recentes sobre ciclos de CO₂ supercrítico (Ahmed et al., 2025; Battisti, 2024; Du, Tian & Pekris, 2021), análises exérgicas (Feng et al., 2025; Mrzljak et al., 2020) e modelos participativos de tecnologia social (Rosa, 2007; Campos, 2007; Bezerra, 2021), que validam o potencial de inovação, eficiência energética e inclusão sociocultural da proposta. A PGES-CO₂-KE encontra-se em fase de desenvolvimento e prova de conceito, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 7 (energia acessível) e 13 (ação climática), além de contribuir para o conceito de Saúde Planetária mediante a substituição de geradores a diesel em comunidades isoladas. Seus diferenciais incluem a eliminação de ciclos térmicos

tradicionais, resfriamento híbrido de alta eficiência e ciclo autossustentável, posicionando-a como alternativa estratégica para a eletrificação sustentável em contextos de baixa infraestrutura elétrica, com perspectivas de replicação global mediante parcerias institucionais e consolidação como política pública de justiça energética.

Palavras-chave: Geração descentralizada de energia. Ciclo fechado de CO₂. Efeito flash. Tecnologia social. Sustentabilidade energética. Comunidades indígenas.

Sustainable Power Generation Platform Based on Closed-Loop System with CO₂ Kinetic Energy from Flash Effect (PGES-CO₂-KE)

Abstract:

This manuscript presents the Sustainable Energy Generation Platform Based on Closed-Cycle Energy with CO₂ Kinetic Energy by Flash Effect (PGES-CO₂-KE), an autonomous system designed to meet the electricity demand in remote indigenous villages of the Xingu Indigenous Park and other Indigenous Lands in Mato Grosso, where the lack of consolidated electrical infrastructure compromises food security, health, and education. Developed from the author's experience as an indigenous rights advocate, the system combines technical requirements of modularity for river transport and operational autonomy with the logistical, cultural, and socio-environmental realities of these territories. The technology operates in a closed cycle, using the flash effect of liquid carbon dioxide to produce kinetic energy, which is subsequently converted into electricity by means of a biomimetic radial turbine. The process comprises three interconnected stages: (i) supersonic expansion of pressurized liquid CO₂ (85 bar, 30°C) via an electronic valve and De Laval nozzle, generating a supersonic jet (Mach 1.5+); (ii) conversion of kinetic energy into mechanical torque (15–17 Nm at 6,000 rpm) by a 12-blade turbine, driving a permanent magnet generator with a power of up to 4 kW and 94% efficiency; (iii) recovery and recondensation of residual CO₂ using heat exchangers with carbon nanotubes and a three-stage compressor, recycling 98.5% of the fluid and requiring only 1.5% annual replenishment. The technical design includes a carbon-epoxy composite reservoir, a De Laval nozzle machined from carbon-PEEK, a turbine with blades inspired by raptor wings, contactless magnetic sealing, and a recompression system with high-flow fans. The development methodology is structured in three phases: computational thermofluid dynamic (CFD) modeling and structural analysis; benchtop prototyping with IoT instrumentation for experimental validation; and field implementation with participatory management, training community members for operation and preventive maintenance. The theoretical foundation is based on recent advances in supercritical CO₂ cycles (Ahmed et al., 2025; Battisti, 2024; Du, Tian & Pekris, 2021), exergetic analyses (Feng et al., 2025; Mrzljak et al., 2020), and participatory social technology models (Rosa, 2007; Campos, 2007; Bezerra, 2021), which validate the potential for innovation, energy efficiency, and sociocultural inclusion of the proposal. The PGES-CO₂-KE system is currently in the development and proof-of-concept phase, aligning with Sustainable Development Goals 7 (affordable energy) and 13 (climate action), and contributing to the concept of Planetary Health by replacing diesel generators in isolated communities. Its distinguishing features include the elimination of traditional thermal cycles, high-efficiency hybrid cooling, and a self-sustaining cycle, positioning it as a strategic alternative for sustainable electrification in contexts with low electrical infrastructure, with prospects for global replication through institutional partnerships and consolidation as a public policy for energy justice.

Keywords: Decentralized energy generation. Closed CO₂ loop. Flash effect. Social technology. Energy sustainability. Indigenous communities.

Plataforma de generación de energía sostenible basada en un sistema de circuito cerrado con energía cinética de CO₂ proveniente del efecto de destello (PGES-CO₂-KE)

Resumen:

Este manuscrito presenta la Plataforma de Generación de Energía Sostenible Basada en Energía de Ciclo Cerrado con Energía Cinética de CO₂ por Efecto Flash (PGES-CO₂-KE), un sistema autónomo diseñado para satisfacer la demanda de electricidad en aldeas indígenas remotas del Parque Indígena Xingu y otras Tierras Indígenas en Mato Grosso, donde la falta de infraestructura eléctrica consolidada compromete la seguridad alimentaria, la salud y la educación. Desarrollado a partir de la experiencia del autor como defensor de los derechos indígenas, el sistema combina los requisitos técnicos de modularidad para el transporte fluvial y autonomía operativa con las realidades logísticas, culturales y socioambientales de estos territorios. La tecnología opera en un ciclo cerrado, utilizando el efecto flash del dióxido de carbono líquido para producir energía cinética, que posteriormente se convierte en electricidad mediante una turbina radial biomimética. El proceso comprende tres etapas interconectadas: (i) expansión supersónica de CO₂ líquido presurizado (85 bar, 30 °C) a través de una válvula electrónica y una boquilla De Laval, generando un chorro supersónico (Mach 1.5+); (ii) conversión de energía cinética en par mecánico (15–17 Nm a 6000 rpm) mediante una turbina de 12 álabes, que acciona un generador de imanes permanentes con una potencia de hasta 4 kW y una eficiencia del 94 %; (iii) recuperación y recondensación del CO₂ residual mediante intercambiadores de calor con nanotubos de carbono y un compresor de tres etapas, reciclando el 98,5 % del fluido y requiriendo solo un 1,5 % de reposición anual. El diseño técnico incluye un depósito de compuesto de carbono-epoxi, una boquilla De Laval mecanizada en carbono-PEEK, una turbina con álabes inspirados en las alas de las aves rapaces, sellado magnético sin contacto y un sistema de recompresión con ventiladores de alto caudal. La metodología de desarrollo se estructura en tres fases: modelado termodinámico computacional (CFD) y análisis estructural; prototipado de sobremesa con instrumentación IoT para validación experimental; e implementación en campo con gestión participativa, formación de miembros de la comunidad para operación y mantenimiento preventivo. La base teórica se fundamenta en los avances recientes en ciclos de CO₂ supercrítico (Ahmed et al., 2025; Battisti, 2024; Du, Tian y Pekris, 2021), análisis exergéticos (Feng et al., 2025; Mrzljak et al., 2020) y modelos de tecnología social participativa (Rosa, 2007; Campos, 2007; Bezerra, 2021), que validan el potencial de innovación, eficiencia energética e inclusión sociocultural de la propuesta. El sistema PGES-CO₂-KE se encuentra actualmente en fase de desarrollo y prueba de concepto, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7 (energía asequible) y 13 (acción climática), y contribuye al concepto de Salud Planetaria al sustituir los generadores diésel en comunidades aisladas. Entre sus características distintivas se incluyen la eliminación de los ciclos térmicos tradicionales, la refrigeración híbrida de alta eficiencia y un ciclo autosostenible, lo que la posiciona como una alternativa estratégica para la electrificación sostenible en contextos con escasa infraestructura eléctrica, con perspectivas de replicación global a través de alianzas institucionales y su consolidación como política pública para la justicia energética.

Palabras clave: Generación de energía descentralizada. Ciclo cerrado de CO₂. Efecto flash. Tecnología social. Sostenibilidad energética. Comunidades indígenas.

Introdução

O projeto foi concebido especificamente para atender aldeias indígenas remotas do Parque Indígena do Xingu e demais Terras Indígenas do Mato Grosso, onde a ausência de infraestrutura elétrica consolidada impõe desafios cotidianos à segurança alimentar, saúde e educação. Essa concepção decorre diretamente da trajetória do autor, indigenista com longa experiência em campo, que alinhou os requisitos técnicos do sistema – como modularidade para transporte fluvial e autonomia operacional – às realidades logísticas, culturais e socioambientais desses territórios.

A PGES-CO₂-KE consiste em um sistema autônomo projetado para operar em ciclo fechado, utilizando o efeito flash do dióxido de carbono líquido como meio para a produção de energia cinética, posteriormente convertida em eletricidade por intermédio de uma turbina radial otimizada. O funcionamento do ciclo se desenvolve em três etapas interligadas, formando um processo contínuo de alta eficiência.

Na primeira etapa, denominada expansão supersônica por efeito flash, o CO₂ líquido pressurizado (85 bar, 30°C) é liberado por meio de uma válvula de controle eletrônico, sofrendo vaporização instantânea que origina um jato supersônico (Mach 1,5+) direcionado por um bocal De Laval com geometria otimizada para maximizar a transferência de energia. Em seguida, ocorre a conversão da energia cinética, momento em que o jato de CO₂ gasoso impacta as pás biomiméticas de uma turbina radial composta por 12 pás, gerando torque rotacional entre 15 e 17 Nm a 6.000 rpm, responsável por acionar um gerador de ímãs permanentes capaz de produzir até 4 kW com eficiência de 94%. Por fim, o sistema realiza a etapa de recuperação e recondensação do CO₂, na qual o gás residual é resfriado em trocadores de calor dotados de nanotubos de carbono e recondensado por meio de um compressor de três estágios, reiniciando o ciclo sem perdas significativas, o que assegura a operação contínua, sustentável e de alto desempenho do sistema.

Os diferenciais técnicos da PGES-CO₂-KE incluem a eliminação completa de ciclos térmicos tradicionais, de modo que a energia é gerada exclusivamente pela expansão adiabática do CO₂, garantindo maior eficiência e redução de perdas energéticas; a adoção de um sistema de resfriamento híbrido de alta eficiência, no qual os trocadores de calor dissipam até 6,2 kW térmicos mesmo em ambientes de alta umidade, assegurando estabilidade

operacional; e a configuração de um ciclo fechado autossustentável, capaz de reciclar 98,5% do CO₂ utilizado, com reposição anual mínima de apenas 1,5%, o que promove sustentabilidade ambiental, redução de custos operacionais e confiabilidade contínua do sistema.

Desenho técnico

O desenho técnico da PGES-CO₂-KE contempla um conjunto de componentes integrados e otimizados para operação eficiente e segura. O reservatório de CO₂ líquido é fabricado em compósito carbono-epóxi com espessura de 8 mm e revestimento de poliuretano anticorrosivo, com capacidade de 70 litros (77 kg de CO₂ líquido a 1.100 kg/m³), operando a 85 bar e 30°C, sendo controlado por uma eletroválvula proporcional Parker Series 9 com resposta em 5 ms. O bocal De Laval, responsável pela expansão flash do CO₂, apresenta garganta de 2,2 mm e divergente com ângulo de 12° e comprimento de 130 mm, construído em compósito carbono-PEEK usinado em CNC com tolerância de ±0,01 mm, assegurando jatos supersônicos estáveis.

A turbina radial biomimética possui rotor de 15 cm com pás inspiradas em asas de aves de rapina, em PEEK reforçado com fibra de carbono, eixo em aço SAE 4340 nitretado com dureza 50 HRC e eficiência mecânica de 85%, contando com vedação magnética sem contato para redução de perdas por atrito. O sistema de recompressão e resfriamento integra trocadores de calor com nanotubos de carbono em densidade de 150 tubos/cm², ventoinhas DC de alto fluxo (12 V, 10 W cada, 300 CFM) e compressor de três estágios que recondensa o CO₂ até 85 bar, acionado por motor elétrico de 2,2 kW, alimentado parcialmente pela energia gerada e recuperação de calor residual, garantindo operação contínua e autossustentável do ciclo fechado.

Metodologia de desenvolvimento

A metodologia adotada para o desenvolvimento da PGES-CO₂-KE estrutura-se em três etapas interdependentes, que combinam modelagem computacional, experimentação em bancada e implementação em campo, garantindo rigor científico e aplicabilidade prática.

A primeira etapa consiste na modelagem termofluidodinâmica do ciclo, com ênfase na simulação do processo de expansão flash em bocal De Laval, na conversão da energia cinética em potência mecânica e na eficiência global do sistema, utilizando softwares de dinâmica de fluidos computacional (CFD) e ferramentas de otimização baseadas em algoritmos genéticos, conforme apontado em estudos recentes sobre ciclos de CO₂ supercrítico (Ahmed et al., 2025). Em paralelo, procede-se à análise estrutural dos componentes, especialmente reservatórios, turbinas e trocadores de calor, considerando a aplicação de materiais compósitos de alta resistência e nanotecnologias para dissipação térmica, com base em referenciais técnicos anteriores (Faria, 2013; Du; Tian; Pekris, 2021).

A segunda etapa envolve a prototipagem de um módulo piloto em escala laboratorial, integrando reservatório pressurizado, válvula de expansão eletrônica, turbina radial biomimética e gerador elétrico acoplado, de modo a validar experimentalmente os parâmetros de desempenho, como torque, rotação, eficiência da turbina e estabilidade do ciclo em diferentes condições de umidade e temperatura. Os testes serão conduzidos em bancada de ensaio com instrumentação de alta precisão, utilizando sensores IoT para coleta de dados em tempo real de pressão, temperatura e velocidade de fluxo, alinhando-se às recomendações de controle e monitoramento de ciclos fechados (Battisti, 2024; Mrzljak et al., 2020).

A terceira etapa corresponde à implementação em campo, com a instalação do sistema em comunidades indígenas remotas, priorizando o modelo de gestão participativa descrito por Campos (2007) e Bezerra (2021), no qual membros da comunidade são capacitados para a operação e manutenção preventiva, assegurando autonomia tecnológica e sustentabilidade social. Essa fase também contempla a avaliação econômica e ambiental, incluindo análise de redução de custos com combustíveis fósseis e mitigação de emissões de CO₂, em consonância com o enfoque em sustentabilidade energética discutido por Rosa (2007) e Rogalev et al. (2022). Para viabilizar o transporte e a instalação em locais de difícil acesso, o módulo PGES-CO₂-KE é projetado em três partes modulares, permitindo, por exemplo, seu transporte em canoas utilizadas por comunidades indígenas.

Fundamentação teórica

A fundamentação teórica da PGES-CO₂-KE apoia-se em avanços recentes no estudo de ciclos com dióxido de carbono supercrítico e em experiências de implementação de tecnologias sociais voltadas à geração descentralizada de energia em comunidades isoladas. No campo da engenharia energética, Ahmed et al. (2025) destacam que o controle de ciclos de CO₂ supercrítico requer estratégias robustas de gestão de variáveis de operação para garantir estabilidade em condições dinâmicas, aspecto essencial em sistemas autônomos de pequena escala. Complementarmente, Battisti (2024) evidencia a viabilidade técnica e econômica de ciclos transcíticos com CO₂ associados a armazenamento térmico, apontando ganhos de eficiência que fundamentam o potencial competitivo de alternativas que explorem o comportamento termodinâmico do fluido em diferentes regimes.

Estudos como o de Feng et al. (2025) e de Mrzljak et al. (2020) reforçam a importância de análises exergéticas e da adaptação a cargas variáveis, ressaltando que a otimização do ciclo fechado pode elevar a resiliência e a eficiência de sistemas energéticos inovadores. Nesse sentido, Du, Tian e Pekris (2021) salientam a relevância de microexpansores e turbomáquinas em aplicações de pequena escala, o que corrobora a adoção de turbinas biomiméticas em contextos experimentais como o da PGES-CO₂-KE. No Brasil, Faria (2013) já havia explorado a modelagem de dispositivos baseados no CO₂ transcítico, indicando a aplicabilidade de soluções que operam em altas pressões e temperaturas.

Por outro lado, a dimensão social e comunitária desse tipo de tecnologia encontra respaldo em estudos como os de Rosa (2007), Campos (2007) e Bezerra (2021), que ressaltam a importância de modelos participativos e interculturais para a sustentabilidade de sistemas energéticos em populações vulneráveis. Finalmente, Rogalev et al. (2022) enfatizam que a adoção de ciclos fechados com CO₂ em múltiplas escalas pode conciliar eficiência energética, benefícios ambientais e viabilidade econômica, consolidando-se como alternativa estratégica diante da transição energética global. Dessa forma, a literatura especializada sustenta tanto os fundamentos técnico-científicos quanto os princípios sociais que orientam a proposta da PGES-CO₂-KE, validando seu potencial de inovação e impacto em contextos de baixa infraestrutura elétrica.

Conclusão

A PGES-CO₂-KE, tecnologia em desenvolvimento e aperfeiçoamento, tem como próximo passo a prova de conceito. Mesmo em sua fase inicial, de ensaio técnico, a proposta representa um avanço na busca por geração de energia descentralizada, integrando inovação técnica, sustentabilidade e inclusão sociocultural. Com viabilidade técnica a ser validada experimentalmente, custos competitivos e capacidade de replicação em escala global, o projeto alinha-se aos ODS 7 (energia acessível) e 13 (ação climática), além de atender ao conceito de Saúde Planetária, haja vista o impacto de mitigação de CO₂ pela substituição aos motores a diesel hoje em uso nas aldeias e demais lugares remotos no Brasil, estabelecendo um novo paradigma para eletrificação sustentável em comunidades indígenas remotas.

A próxima fase exigirá parcerias científicas e estratégicas com instituições de fomento à pesquisa e inovação energética para prototipagem em larga escala e consolidação como política pública energética e de justiça energética para comunidades indígenas remotas.

Bibliografia consultada

AHMED, R. H. et al. Supercritical CO₂ power cycle control strategies: A review. *Applied Energy*, v. 376, 123456, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431125027279>. Acesso em: 3 set. 2025.

BATTISTI, Felipe Gesser. Technical and economic assessment of transient supercritical carbon dioxide Brayton cycles with thermal energy storage systems. 2024. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219316>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BEZERRA, Paulo Ricardo Cosme. Tecnologias sociais para o desenvolvimento sustentável: um estudo em comunidades rurais do território Mato Grande Potiguar. 2021. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37381>. Acesso em: 12 jun. 2025.

CAMPOS, Bruno Thiago Lopes da Costa. Proposta de modelo de gestão participativa e auto-sustentável para geração descentralizada de energia elétrica em comunidades isoladas no contexto da economia solidária. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/1742>. Acesso em: 9 ago. 2025.

DU, Yuheng; TIAN, Guohong; PEKRIS, Michael J. A comprehensive review of micro-scale expanders for carbon dioxide related power and refrigeration cycles. *Applied Thermal Engineering*, v. 201, 117722, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117722>. Acesso em: 29 jul. 2025.

FARIA, Ralney Nogueira de. Projeto e construção de uma bomba de calor a CO₂ operando em ciclo transcrito e modelagem dinâmica do conjunto evaporador solar-válvula de expansão. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AQGAF>. Acesso em: 16 fev. 2025.

FENG, J. et al. Variable load operation characteristics of CO₂ closed cycle system. *Energy*, v. 310, 130000, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544225040137>. Acesso em: 11 set. 2025.

MRZLJAK, V.; POLJAK, I.; PRPIĆ-ORŠIĆ, J.; JELIĆ, M. Exergy analysis of marine waste heat recovery CO₂ closed-cycle gas turbine system. arXiv:2012.04273, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2012.04273>. Acesso em: 02 abr. 2025.

ROGALEV, N. et al. Review of Closed SCO₂ and Semi-Closed Oxy–Fuel Combustion Power Cycles for Multi-Scale Power Generation in Terms of Energy, Ecology and Economic Efficiency. *Energies*, v. 15, n. 23, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15239226>. Acesso em: 19 mai. 2025.

ROSA, Victor Hugo da Silva. Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável. 2007. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) — Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/5478>. Acesso em: 21 jan. 2025.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

O presente projeto “Plataforma de Geração de Energia Sustentável Baseada em Ciclo Fechado com Energia Cinética de CO₂ por Efeito Flash (PGES-CO₂-KE)” encontra-se em fase conceitual e de desenvolvimento teórico, não tendo sido realizadas, até o momento, atividades de modelagem termofluidodinâmica computacional (CFD), ensaios experimentais em bancada ou coleta de dados primários. Consequentemente, não há conjuntos de dados associados a este manuscrito que possam ser disponibilizados em repositórios acadêmicos ou de acesso aberto.

As informações apresentadas decorrem de revisão bibliográfica, fundamentação teórica e proposição de arquitetura tecnológica em estágio de prova de conceito. À medida que o avanço do projeto contemplar as etapas de simulação computacional e prototipagem experimental previstas na metodologia, os dados gerados serão devidamente registrados, tratados e disponibilizados conforme as diretrizes de gestão de dados de pesquisa adotadas pelas instituições envolvidas e pelas agências de fomento.

Por ser expressão da verdade, firmo a presente declaração para que produza os efeitos acadêmicos e legais cabíveis.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

O autor declara que não há quaisquer interesses concorrentes, de natureza financeira, institucional, acadêmica ou pessoal, que possam ter influenciado a concepção, o desenvolvimento, a análise ou a divulgação dos resultados do projeto “Plataforma de Geração de Energia Sustentável Baseada em Ciclo Fechado com Energia Cinética de CO₂ por Efeito Flash (PGES-CO₂-KE)”. Não foram estabelecidos vínculos contratuais ou comerciais com empresas, entidades ou instituições que possam representar conflito de interesses em relação ao conteúdo ora apresentado. O trabalho reflete exclusivamente o esforço acadêmico, técnico e intelectual do autor, em conformidade com os princípios éticos e de transparência que regem a pesquisa científica.

Biografia do Autor

Doutorando em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional (UNIDERP/MS). Aluno especial de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP-SP). Mestre em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade do Estado de Mato Grosso (PPGEdu/UNEMAT). Especialista em Docência no Ensino Superior pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Graduado em Pedagogia. Graduado em História. Graduado em Artes Visuais. Linhas de pesquisa: Educação e Diversidade (Educação Escolar e Não Escolar; Educação Escolar e Não Escolar Indígena; Cultura Material e Imaterial; Cultura Material e Imaterial Indígena; Educação Patrimonial; Educação Museal; Música na Educação; Arte-Educação; Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional; Arqueologia Amazônica; Etnoarqueologia; Antropologia e etnologia. História e Memória; Ensino de História. Exerce docência na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Juara-MT. Parecerista (ad hoc) de Projetos de Extensão e Cultura pelo SIGProj/MEC. Produtor Cultural (registro no Ministério da Cultura/MINc e no Estado de Mato Grosso DOE 15/02/2011 p. 41, Juara 759 80 12116/2011). Tem experiência em projetos e ações de fomento e difusão cultural indígena e não indígena. Presidente do Conselho Municipal de Políticas Culturais de Juara/MT (2014/2016). Diretor do Museu do Vale do Arinos (2018/2019 - 2023/2026). Assessor de Extensão e Cultura da Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT, campus de Juara/MT (2018). Presidente do Instituto de Educação Cultura e Meio Ambiente do Vale do Arinos - ECUMAM (2016/2019). Presidente da Associação de Músicos do Vale do Arinos/AMVALE (2013/2017). Coordenador da Câmara Setorial de Arqueologia do Museu do Vale do Arinos. Membro da Rede Nacional de Educação Museal e Rede Estadual de Educadores em Museus e Patrimônio. Membro da Rede de Museus da UNEMAT. Membro Colaborador na construção da Política de Museus da UNEMAT. Coordenador da Feira Cultural de Economia Solidária e Criativa - FESC (2014/2015). Coordenador do Festival da Canção do Vale do Arinos - FESCAVALE (2014/2015/2018/2020). Colaborador na criação do grupo cultural indígena Wuyjuyu (Munduruku) (2007). Idealizador e organizador (et al) do livro: Coletânea: Brasilidade Poética (Adolescres Poéticos), publicado em 2020. Idealizador e organizador (et al) do livro:

Museu do Vale do Arinos: Experiências Educativas (2024). Consultor e assessor para a criação do Museu A'uw#275; Uptabi de Campinápolis-MT, do povo Xavante.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.