



Ferramenta de ESG para Diagnóstico e Gestão Sustentável de Recursos Energéticos

João Pedro N. Mendes¹, Gustavo H. L. Soares¹, Tarsis M. de Souza¹, Augusto C. L. de Oliveira¹

¹Campus Arapiraca – Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Rodovia AL 110 – 57317-291 – Arapiraca – AL – Brasil

{augusto.oliveira,tarsis.souza}@ifal.edu.br, {jpnm2,ghls2}@aluno.ifal.edu.br

RESUMO

A crescente demanda por práticas sustentáveis nas instituições públicas de ensino evidencia a necessidade de ferramentas tecnológicas capazes de apoiar o monitoramento, a análise e a gestão responsável do consumo de recursos naturais, especialmente no contexto das diretrizes ESG e da governança ambiental. Nesse cenário, o presente projeto tem como objetivo desenvolver e aprimorar a FERCEN, plataforma digital voltada ao diagnóstico e à gestão sustentável dos recursos energéticos no âmbito do Instituto Federal de Alagoas, com ênfase na ampliação de funcionalidades destinadas ao acompanhamento do consumo de energia elétrica, água e papel, bem como à quantificação da pegada de carbono associada a esses insumos. Metodologicamente, a pesquisa fundamenta-se no desenvolvimento de solução computacional em JavaScript, por meio do framework Next.js, aliada à adoção de princípios de UI/UX, mecanismos de autenticação e controle de acesso em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados, além da integração de modelos de inteligência artificial para leitura automatizada de faturas e geração assistida de relatórios analíticos. Para o cálculo das emissões, utilizam-se fatores de emissão oficiais aplicáveis à geração de energia elétrica, complementados por referências técnicas reconhecidas para a estimativa das emissões relacionadas ao consumo de água e papel. Espera-se, como resultados, ampliar a capacidade institucional de monitoramento ambiental, qualificar a produção de relatórios gerenciais, subsidiar decisões mais sustentáveis, fortalecer a transparência das ações desenvolvidas no IFAL e consolidar a FERCEN como instrumento estratégico de apoio à cultura de sustentabilidade e à gestão ambiental universitária.

Palavras-chave: Eficiência energética; ESG; Gestão sustentável; Pegada de carbono; Plataforma digital.

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

A intensificação do debate sobre sustentabilidade tem ampliado a exigência por práticas institucionais orientadas ao uso responsável dos recursos naturais, especialmente em organizações públicas de ensino, que exercem papel estratégico na formação cidadã e na difusão de valores socioambientais. Nesse contexto, a adoção de instrumentos tecnológicos voltados ao monitoramento do consumo de energia elétrica, água e papel revela-se relevante não apenas para o aperfeiçoamento da gestão administrativa, mas também para o fortalecimento da transparência e da responsabilidade ambiental no ambiente acadêmico. É nesse cenário que se insere a FERCEN, concebida como plataforma digital destinada ao diagnóstico e à gestão sustentável de recursos energéticos no Instituto Federal de Alagoas, com enfoque ampliado para práticas associadas à agenda ESG e à mensuração da pegada de carbono institucional.

Do ponto de vista teórico e tecnológico, o desenvolvimento da plataforma está ancorado no



uso de JavaScript com o framework Next.js, cuja combinação entre renderização no lado do servidor e geração estática de páginas favorece melhor desempenho e experiência do usuário em aplicações de acesso público, conforme discutem Hanafi, Haq e Agustin (2024). Paralelamente, a pesquisa incorpora fundamentos contemporâneos de inteligência artificial aplicada à automação de processos documentais, especialmente para leitura e extração de dados de faturas, em consonância com Pozzebon e Santos (2025), que apontam o potencial da IA na redução de erros operacionais e na agilização de rotinas administrativas. Além disso, a geração assistida de relatórios analíticos por IA amplia a acessibilidade das informações produzidas pela plataforma, favorecendo sua utilização por gestores com diferentes níveis de familiaridade técnica.

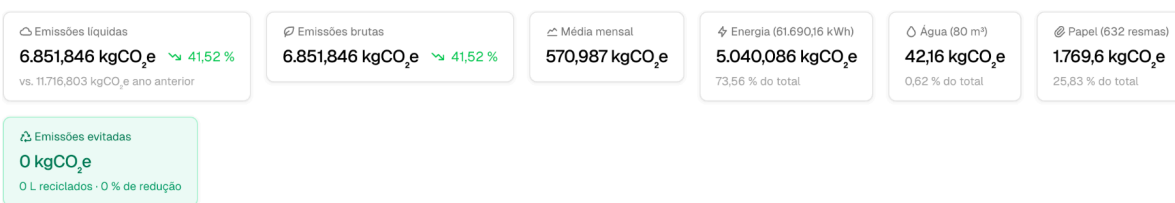
No que concerne à dimensão ambiental, o referencial teórico do projeto sustenta-se na adoção de fatores oficiais de emissão de CO₂ para a geração de energia elétrica, conforme publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (BRASIL, 2025), bem como no uso complementar de diretrizes do IPCC para estimativas aplicadas a outras fontes monitoradas, como água e papel. Essa base metodológica permite integrar indicadores de consumo e emissões em uma mesma estrutura analítica, ampliando a capacidade interpretativa da ferramenta e qualificando o suporte à tomada de decisão institucional. No plano da interface, a plataforma também se apoia em princípios de UI/UX orientados pela convenção cromática 60:30:10 e pelas teorias da percepção de Gestalt, conforme O'Connor (2013), com vistas à construção de uma experiência visual intuitiva, acessível e coerente com a identidade ambiental do projeto.

OBJETIVOS ALCANÇADOS (até o momento)

Até o presente momento, o projeto alcançou avanços relevantes no processo de consolidação da FERCEN como ferramenta de apoio à gestão sustentável no âmbito do Instituto Federal de Alagoas. Entre os principais objetivos atingidos, destaca-se a implementação do módulo de cálculo da pegada de carbono, desenvolvido para correlacionar os dados de consumo de energia elétrica, água e papel com fatores de emissão reconhecidos, permitindo a quantificação das emissões de CO₂ equivalente associadas ao funcionamento institucional. Com essa funcionalidade, a plataforma passou a oferecer uma visualização mais direta e objetiva do impacto ambiental da instituição, ampliando seu potencial de uso em práticas de monitoramento e diagnóstico socioambiental.

Relatório anual de 2025

Pegada de Carbono



Distribuição por Fonte

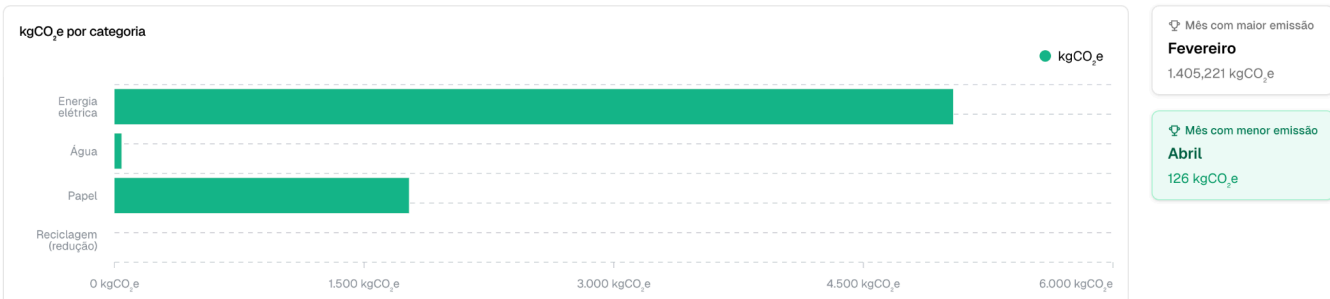


Figura 1 - Relatório anual de 2025 do Campus Arapiraca de pegada de carbono. Fonte:

<https://fercen.ifal.edu.br/campus-arapiraca/dados/carbono/anual?year=2025&monthIndex=3>.

IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**PLANETA ÁGUA:
A CULTURA OCEÂNICA PARA
ENFRENTAR AS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO**



**30/03 A 02/04
2026**



Outro objetivo alcançado consistiu na expansão do uso de inteligência artificial no sistema. Inicialmente aplicada à leitura de faturas de energia elétrica, a IA foi ampliada para contemplar também faturas de água, o que tornou o processo de inserção de dados mais automatizado, ágil e menos suscetível a falhas decorrentes de alimentação manual. Tal avanço contribuiu para maior confiabilidade operacional da plataforma e fortalece sua capacidade de processamento de informações relevantes à gestão dos recursos monitorados.

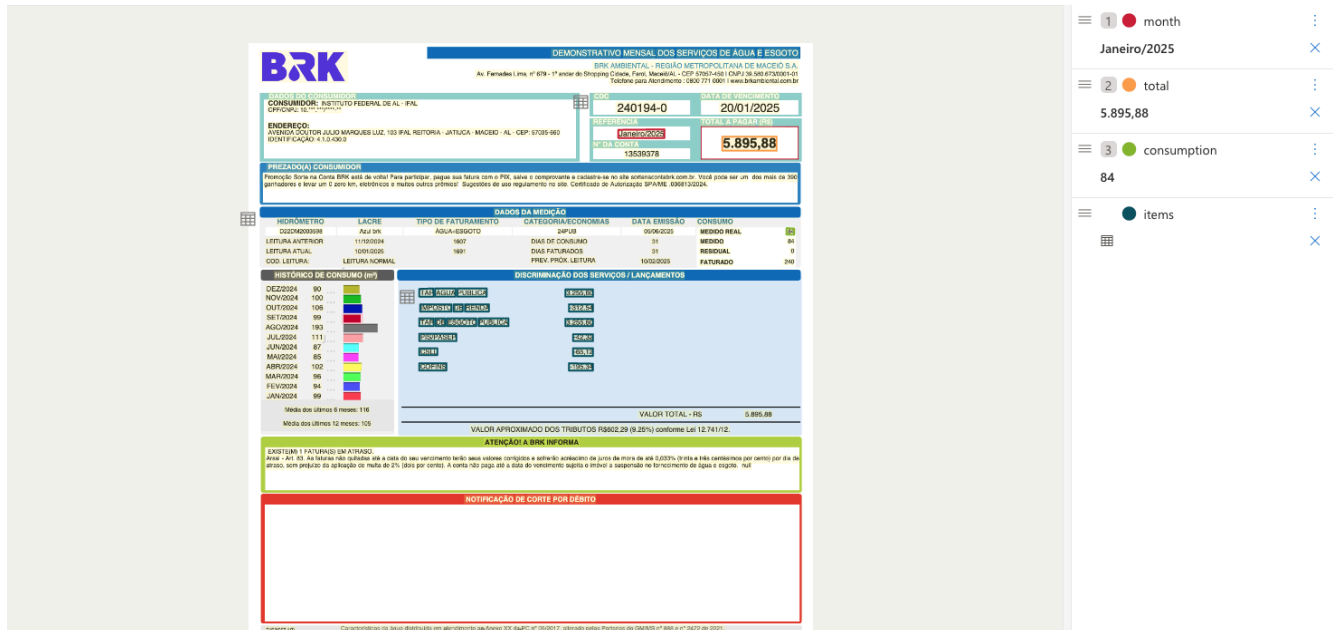


Figura 2 - Modelo proprietário de OCR para identificação de faturas de água BRK. Fonte: Autores do artigo.

Também foi iniciada a integração do módulo de geração de energia solar fotovoltaica, já existente no Campus Arapiraca, ao ecossistema funcional da FERECEN. Esse avanço permite que a ferramenta passe a considerar, de forma progressiva, a energia produzida localmente no balanço energético institucional, ampliando a precisão das análises realizadas e tornando a plataforma mais aderente à realidade energética da instituição. Em conjunto, os objetivos alcançados até o momento demonstram a evolução técnica e funcional do projeto, evidenciando seu potencial como instrumento estratégico para a promoção da sustentabilidade e da governança ambiental no IFAL.

METODOLOGIA APLICADA (até o momento)

A metodologia adotada no desenvolvimento da FERECEN fundamenta-se na construção e no aprimoramento de uma plataforma digital voltada ao monitoramento, à análise e à gestão sustentável do consumo de energia elétrica, água e papel no âmbito do Instituto Federal de Alagoas. Para tanto, a base tecnológica do sistema permanece estruturada na linguagem JavaScript, com utilização do framework Next.js, escolhido por favorecer aplicações mais performáticas e com melhor experiência de navegação, aspecto relevante para uma ferramenta institucional de acesso público. Além disso, a infraestrutura da plataforma foi mantida em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados, por meio de mecanismos de autenticação e controle de permissões que restringem o acesso a usuários autorizados.

No campo da automação, a metodologia incorporou recursos de inteligência artificial para a leitura e extração automática de dados presentes em faturas de energia elétrica e água, com o propósito de reduzir falhas de entrada manual e tornar mais ágil o processo de alimentação do sistema. Paralelamente, o módulo de geração de relatórios foi aperfeiçoado com IA generativa, permitindo a produção de análises textuais personalizadas com base nos dados cadastrados na plataforma. Tal procedimento metodológico amplia a inteligibilidade das informações produzidas e





favorece seu uso por gestores e usuários com diferentes níveis de familiaridade técnica.

Visualizar Dados Extraídos

✓ Dados extraídos com sucesso do PDF! Verifique as informações abaixo antes de continuar.

Informações Gerais

Período	Total da Fatura	Fator de Potência
Janeiro de 2026	R\$ 4.190,56	0.92

Consumo

Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
0 kWh	0 kWh
R\$ 0,00/kWh = R\$ 0,00	R\$ 0,00/kWh = R\$ 0,00

Outros Itens 12 ITENS

Consumo Compensado NP (kWh) x 1.284,92	R\$ 3.150,89
Energia Inj. NP mUC 01/2026 oPT (kWh) x 1.284,92	-R\$ 3.150,89
Consumo Compensado FP (kWh) x 4.805,08	R\$ 867,93
Energia Ativa Injetada FP (kWh) x 4.805,08	-R\$ 867,93
Demanda Ativa Isenta de ICMS (kW) x 125,28	R\$ 3.368,06
Demanda Ativa (KW) x 34,72	R\$ 1.166,77
Consumo Reativo Excedente FP (kVAR) x 17,64	R\$ 5,61
Cip-Ilum Pub Pref Munic	R\$ 79,00
Tributo a Reter IRPJ	-R\$ 217,74

Figura 3 - Visualização exemplo de dados extraídos automaticamente pelo modelo OCR de energia elétrica.
Fonte: <https://fercen.ifal.edu.br>.

Para a implementação do recurso de pegada de carbono, adotou-se metodologia de cálculo baseada nos fatores oficiais de emissão de CO₂ divulgados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações para a geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional. De forma complementar, foram utilizadas diretrizes do IPCC para estimativas aplicáveis a outras fontes monitoradas, como água e papel, possibilitando o cálculo automatizado das emissões de CO₂ equivalente a partir dos dados de consumo registrados no sistema. No que se refere à interface, a metodologia também contemplou a aplicação de princípios de UI/UX, com uso da convenção cromática 60:30:10 e fundamentação nas teorias da percepção de Gestalt, a fim de assegurar uma experiência visual intuitiva, acessível e coerente com a proposta ambiental da plataforma.

RESULTADOS ENCONTRADOS (até o momento)

Os resultados obtidos até o momento evidenciam avanços expressivos no desenvolvimento da FERCEN, tanto no aprimoramento de suas funcionalidades quanto na consolidação de sua relevância institucional. Entre os principais resultados alcançados, destaca-se a implementação bem-sucedida do módulo de pegada de carbono, que passou a calcular automaticamente as emissões de CO₂ equivalente associadas ao consumo de energia elétrica, água e papel, com base em fatores de emissão reconhecidos. Tal funcionalidade foi integrada aos relatórios mensais e anuais já existentes, permitindo ao usuário uma visualização mais ampla, intuitiva e qualificada do impacto ambiental da instituição.

Com o apoio dos campi participantes, também foi possível ampliar de forma significativa a base de dados da plataforma, o que fortaleceu a capacidade analítica da FERCEN e qualificou a

IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PLANETA ÁGUA:
A CULTURA OCEÂNICA PARA
ENFRENTAR AS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



**30/03 A 02/04
2026**



geração de insights e diagnósticos institucionais. Até o momento, a ferramenta reuniu 36 anos de informações de energia elétrica, 15 anos de informações sobre uso de água e esgoto, 10 anos de informações relativas ao consumo de papel e 4 anos de informações sobre reciclagem de resíduos sólidos, distribuídas entre os participantes que aderiram ao sistema. Esse conjunto de dados representa um resultado relevante da pesquisa, pois amplia o potencial da plataforma para subsidiar análises históricas, comparativas e estratégicas sobre o uso de recursos e práticas sustentáveis no âmbito institucional.

Tabela 1 - Acervo histórico de informações coletadas de recursos energéticos (2018 a 2026).

Recurso monitorado	Volume de informações coletadas
Energia elétrica	36 anos
Água e esgoto	15 anos
Papel	10 anos
Reciclagem de resíduos sólidos	4 anos

Fonte: Autores do artigo.

No campo da inteligência artificial, verificou-se avanço significativo com a ampliação da leitura e extração automática de dados em faturas de energia elétrica, complementando o módulo já existente para água. Esse resultado contribuiu para tornar o processo de inserção de informações mais ágil, confiável e menos dependente de alimentação manual, reduzindo a incidência de erros operacionais. Além disso, o módulo de geração de relatórios assistidos por IA foi aperfeiçoado, passando a produzir análises textuais mais precisas e personalizadas conforme as orientações fornecidas pelo usuário.

Outro resultado de elevada relevância foi a inclusão da FERCEN no Plano Diretor de Logística Sustentável do IFAL, o que atribuiu à plataforma caráter oficial no registro das ações de sustentabilidade desenvolvidas pelos campi e pela Reitoria. Esse reconhecimento institucional reforça a importância da ferramenta como instrumento de monitoramento, transparência e apoio à governança ambiental. Entretanto, os dados levantados também revelam uma baixa adesão de parte das unidades quanto ao cadastramento regular das informações de consumo, fator que ainda compromete a completude dos relatórios e limita o potencial analítico pleno da plataforma, indicando a necessidade de ações complementares de sensibilização e acompanhamento institucional.

DIFICULDADES ENCONTRADAS

No âmbito técnico, o maior desafio esteve relacionado à integração do módulo de pegada de carbono aos relatórios já existentes, o que exigiu uma reestruturação parcial da arquitetura de dados da plataforma para viabilizar os novos cálculos de emissões sem prejuízo ao desempenho dos demais módulos. Soma-se a isso a complexidade envolvida na expansão do uso de inteligência artificial para a leitura de faturas de energia elétrica, uma vez que a diversidade de layouts adotados por diferentes concessionárias demandou sucessivos ajustes e etapas de validação para assegurar a confiabilidade da extração automática de dados.

No plano metodológico, observou-se dificuldade decorrente da escassez de referências técnico-científicas acessíveis sobre o tratamento estatístico dos dados coletados pela plataforma em

IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**PLANETA ÁGUA:
A CULTURA OCEÂNICA PARA
ENFRENTAR AS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO**



**30/03 A 02/04
2026**



instituições públicas de ensino. Tal limitação dificulta a definição de procedimentos analíticos mais robustos e compromete, em certa medida, o aprofundamento interpretativo dos indicadores produzidos. Além disso, o cálculo da pegada de carbono apresentou entraves específicos, pois, embora existam fatores oficiais nacionais para a energia elétrica, a quantificação das emissões associadas ao consumo de água e papel ainda depende de estimativas internacionais, que nem sempre reproduzem com precisão o contexto brasileiro.

Do ponto de vista financeiro, a pesquisa enfrentou uma dificuldade particularmente sensível em razão da dependência de infraestrutura em nuvem para treinamento e hospedagem dos modelos de OCR utilizados na automação da leitura de faturas. Como o projeto possui caráter voluntário e não contou com financiamento institucional, a equipe encontrou limitações para manter os serviços contratados na plataforma Azure, o que culminou na perda do acesso à infraestrutura e, conseqüentemente, na perda irreversível do progresso acumulado no treinamento dos modelos de inteligência artificial. Esse episódio representou um retrocesso importante no cronograma da pesquisa e evidenciou a necessidade de apoio financeiro institucional para assegurar a continuidade, a estabilidade e a sustentabilidade do projeto em suas próximas etapas.

RELACIONAR O CRONOGRAMA PREVISTO COM O EXECUTADO

O cronograma executado manteve aderência geral ao planejamento inicialmente estabelecido, ainda que parte das atividades tenha sido impactada por limitações técnicas e financeiras surgidas no decorrer da execução do projeto. Em setembro de 2025, foram realizadas a revisão bibliográfica, a identificação de novos requisitos e o planejamento das funcionalidades previstas para a nova etapa da pesquisa. Em outubro de 2025, ocorreu a refatoração da base já existente, acompanhada da otimização da plataforma e do início do desenvolvimento do módulo de pegada de carbono.

No mês de novembro de 2025, deu-se continuidade ao desenvolvimento desse módulo, bem como à sua integração com os relatórios mensais e anuais já disponíveis na FERCEN. Em dezembro de 2025, estava prevista a expansão do uso de inteligência artificial para leitura e extração automática de faturas de água e papel, além do aprimoramento do módulo de água, atividades que efetivamente orientaram o andamento técnico da plataforma nesse período. Já em janeiro de 2026, o cronograma contemplava o desenvolvimento de novas funcionalidades, o avanço da integração do módulo de energia solar e o início dos protótipos da versão mobile.

Entretanto, ainda em janeiro de 2026, sobreveio a perda do acesso à infraestrutura Azure e aos modelos de inteligência artificial previamente treinados, em razão da ausência de financiamento para manutenção dos serviços em nuvem, o que provocou impacto direto sobre o planejamento inicialmente proposto. Em fevereiro de 2026, diante desse cenário, a equipe precisou redirecionar esforços para a reestruturação das estratégias de inteligência artificial e para a avaliação de alternativas de hospedagem e continuidade técnica do projeto. Desse modo, embora o cronograma tenha sido amplamente seguido em suas etapas iniciais, sua execução passou a incorporar ajustes corretivos impostos pelas condições materiais de desenvolvimento, sem comprometer, contudo, a continuidade da pesquisa.

CONCLUSÕES PRELIMINARES E TRABALHOS FUTUROS

As conclusões preliminares indicam que a FERCEN vem se consolidando como uma ferramenta promissora para a gestão sustentável em instituições públicas de ensino, especialmente

IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PLANETA ÁGUA:
A CULTURA OCEÂNICA PARA
ENFRENTAR AS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



30/03 A 02/04
2026



em razão da implementação do módulo de pegada de carbono, da ampliação do uso de inteligência artificial e de sua inserção no Plano Diretor de Logística Sustentável do IFAL. Tais avanços evidenciam a relevância do projeto para o fortalecimento da transparência ambiental, do acompanhamento dos indicadores de consumo e do apoio à tomada de decisão institucional orientada por princípios de sustentabilidade e governança. Ainda assim, os resultados alcançados também demonstram que o pleno aproveitamento da plataforma depende não apenas de sua evolução técnica, mas igualmente do fortalecimento do engajamento institucional e da regularidade na alimentação dos dados pelos campi.

Verificou-se, nesse sentido, que a baixa aderência de parte das unidades no cadastramento contínuo das informações limita a completude dos relatórios e reduz o potencial analítico da ferramenta, mesmo após seu reconhecimento formal no âmbito do PLS. Além disso, a perda dos modelos de inteligência artificial treinados, em decorrência da ausência de financiamento para manutenção da infraestrutura em nuvem, evidenciou uma fragilidade estrutural importante para a continuidade da pesquisa. Desse modo, conclui-se que o avanço do projeto requer, simultaneamente, aprimoramento tecnológico, estratégias de sensibilização institucional e suporte financeiro capaz de assegurar maior estabilidade ao processo de desenvolvimento.

Quanto aos trabalhos futuros, prevê-se a retomada do desenvolvimento dos modelos de IA voltados à extração automática de dados, o avanço da integração do módulo de energia solar e a conclusão da versão mobile da plataforma. Também se mostra necessário intensificar ações de capacitação, acompanhamento e estímulo às Comissões Locais de Sustentabilidade, a fim de ampliar a inserção regular de dados e tornar a FERCEN mais representativa da realidade ambiental do Instituto Federal de Alagoas. Assim, as próximas etapas da pesquisa buscarão consolidar a ferramenta como instrumento cada vez mais completo, confiável e estratégico para a promoção da sustentabilidade institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HANAFI, R.; HAQ, A.; AGUSTIN, N. Comparison of Web Page Rendering Methods Based on Next.js Framework Using Page Loading Time Test. *Teknika: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, v. 13, n. 1, 2024. Disponível em: <https://ejournal.ikado.ac.id/index.php/teknika/article/view/769>. Acesso em: 10 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Fatores de emissão de CO2 da geração de energia elétrica. Brasília, DF: MCTI, [2025?]. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em: 10 abr. 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS (IFAL). *Portaria Normativa nº 80/2025 - REIT, de 13 de janeiro de 2025. Institui o Plano Diretor de Logística Sustentável (PLS) do Instituto Federal de Alagoas para o período de 2024 a 2028.* Maceió: IFAL, 2025. Disponível em: https://www2.ifal.edu.br/o-ifal/planejamento-institucional/arquivos-planejamento-institucional/PORTARIANORMATIVAN80_2025REIT11.0. Acesso em: 16 mar. 2026.

O'CONNOR, Zena. Colour, contrast and gestalt theories of perception: the impact in contemporary visual communications design. *Color Research & Application*, v. 40, n. 1, p. 85–92, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/col.21858>.

POZZEBON, Eliane; SANTOS, Tatiana Nilson dos (org.). *Guia de inteligência artificial aplicada para profissões.* Araranguá: PPGTIC, 2025. Disponível em: <https://labtec.ufsc.br/ebooks/PDF/Guia%20de%20Intelig%C3%Aancia%20Artificial%20Aplicada%20para%20Profiss%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2026.

AGRADECIMENTOS



IV SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PLANETA ÁGUA:
A CULTURA OCEÂNICA PARA
ENFRENTAR AS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO



**30/03 A 02/04
2026**



Os autores agradecem ao Instituto Federal de Alagoas, em especial ao Campus Arapiraca e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, pelo suporte institucional proporcionado ao desenvolvimento do projeto. Registramos especial reconhecimento ao orientador Augusto César Lúcio de Oliveira e ao coorientador Tarsis Marinho de Souza pelo acompanhamento acadêmico, pelas contribuições técnicas e pelo direcionamento científico ao longo da execução da pesquisa.

Os autores expressam seu reconhecimento à FAPEAL pelo fomento indispensável à realização da IV SNCT e pela viabilização da publicação destes Anais. O agradecimento estende-se ao IFAL Campus Arapiraca pelo suporte institucional e infraestrutura disponibilizada, incluindo laboratórios como o Espaço 4.0 e equipamentos; à PRPPI pela concessão de bolsas e suporte através dos editais PIBIC e PIBITI; bem como ao CNPq e ao MCTI, cujos editais nacionais proporcionam as bases fundamentais para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, elevando o impacto da produção acadêmica.