

## **ANÁLISE COMPARATIVA DAS UNIVERSIDADES NO RANKING UI GREENMETRIC: APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ENTROPIA**

**NISRIN NAIEL DIB KHALED**

UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**DIEGO MARQUES CAVALCANTE**

UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**ANA PAULA BELIZÁRIO**

UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**ANDRIELI DE OLIVEIRA CARDOSO**

UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**LUCAS VEIGA ÁVILA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL

### **Resumo**

O presente estudo tem como objetivo analisar a relevância dos indicadores de sustentabilidade das universidades latino-americanas, no contexto do ranking UI GreenMetric, utilizando o método de entropia. A sustentabilidade no ensino superior é uma questão crucial, visto que as universidades desempenham um papel essencial na promoção de práticas sustentáveis globalmente. Essas instituições têm adotado práticas como o uso de energias renováveis, eficiência energética, transporte sustentável e redução do consumo de recursos naturais, alinhando-se com a Agenda 2030 da ONU e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ranking UI GreenMetric, criado pela Universitas Indonésia em 2010, é uma ferramenta importante para avaliar a sustentabilidade nas universidades. Ele considera seis critérios principais: Configuração e Infraestrutura, Energia e Mudanças Climáticas, Resíduos, Água, Transporte e Educação. Neste estudo, a técnica de entropia foi aplicada para medir a distribuição e dispersão desses indicadores, buscando identificar áreas de alta desordem ou ineficiência. A técnica de entropia é amplamente utilizada em estudos de sustentabilidade para analisar sistemas complexos e identificar ineficiências. A metodologia adotada inclui a coleta de dados das universidades participantes do ranking UI GreenMetric, com foco especial nas instituições da América Latina. Os dados foram extraídos diretamente do site do UI GreenMetric, garantindo precisão e atualidade das informações. Para assegurar a consistência, foi adotado um processo rigoroso de verificação e normalização dos dados, incluindo validação cruzada com outras fontes. A seleção da amostra foi não probabilística intencional, escolhendo universidades que forneciam informações completas sobre todos os seis critérios de sustentabilidade. Na análise dos dados, foi utilizada a equação de Shannon para calcular a entropia, medindo a incerteza ou desordem no sistema. Os resultados foram analisados para identificar áreas com alta desordem ou ineficiência. Uma alta entropia indicou grande dispersão de informações ou recursos, sugerindo ineficiências no sistema, enquanto uma baixa entropia indicou um sistema mais ordenado e eficiente. Os resultados mostram que, no contexto das universidades latino-americanas, o indicador "Água" possui a maior relevância, com um peso de 28,79%, seguido por "Desperdício" com 22,38%, "Energia e Mudanças Climáticas" com 13,59%, "Educação e Pesquisa" com 13,03%, "Transporte" com 12,92% e "Configuração e Infraestrutura" com 9,28%. Observou-se que a significância dos indicadores varia entre os continentes. Por exemplo, o indicador

"Água" ocupa a primeira posição em significância nas Américas, Europa, Ásia e África, mas na Oceania, ele ocupa apenas a penúltima posição. A análise comparativa por continente revelou que, na Oceania, o indicador "Educação e Pesquisa" é o mais significativo, e as porcentagens dos indicadores estão mais equilibradas em comparação com os outros continentes. Nas Américas, Europa, Ásia e África, a diferença entre a porcentagem do indicador "Água" e os demais indicadores é mais acentuada. Esses resultados sugerem que as universidades da Oceania têm uma aplicação mais homogênea dos critérios de sustentabilidade relacionados à água, enquanto as outras regiões apresentam maior desigualdade na aplicação desse critério. Os achados indicam que o método de entropia pode influenciar futuras políticas de sustentabilidade nas universidades, promovendo a adoção de práticas mais equilibradas e eficientes. As universidades podem usar esses resultados para priorizar áreas com alta desordem ou ineficiência, como o gerenciamento de água na Oceania, e implementar estratégias específicas para melhorar a sustentabilidade. Além disso, a análise comparativa por continente fornece uma visão detalhada das diferenças regionais, o que pode ajudar os gestores acadêmicos a desenvolver políticas de sustentabilidade adaptadas às necessidades locais. Este estudo reafirma a importância dos indicadores de sustentabilidade na avaliação das universidades e destaca a necessidade de uma abordagem holística e integrada para alcançar resultados duradouros. A aplicação do método de entropia revelou-se eficaz na identificação de áreas críticas e na promoção de práticas sustentáveis mais eficientes. A pesquisa proporciona uma base sólida para a compreensão das práticas de sustentabilidade nas universidades e sugere implicações e recomendações para a melhoria contínua. A relevância dos indicadores de sustentabilidade varia de acordo com o contexto regional, e a análise comparativa ajuda a identificar prioridades específicas para cada região. As universidades latino-americanas, por exemplo, podem focar na gestão de água e desperdício, enquanto as universidades da Oceania podem concentrar esforços na educação e pesquisa. Essa abordagem regionalizada permite uma implementação mais eficaz de práticas sustentáveis, alinhadas com as necessidades e desafios locais. Finalmente, o estudo destaca a importância de uma cultura de sustentabilidade nas universidades, que deve ser promovida em todas as atividades acadêmicas e administrativas. Investimentos em práticas sustentáveis, apesar da resistência inicial, trazem benefícios a longo prazo para a comunidade acadêmica e a sociedade como um todo. A integração dos ODS na estratégia das universidades é essencial para promover o desenvolvimento sustentável e enfrentar os desafios ambientais globais.

## **Palavras Chave**

Sustentabilidade nas Universidades, Método de Entropia, Ranking UI GreenMetric

## **Agradecimento a órgão de fomento**

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão à CAPES pelo apoio essencial a este estudo. Seu financiamento foi crucial para viabilizar nossa pesquisa sobre práticas de sustentabilidade na educação superior. Agradecemos pela confiança e pela oportunidade de contribuir para o avanço do conhecimento e para a construção de um futuro mais sustentável e responsável.

# ANÁLISE COMPARATIVA DAS UNIVERSIDADES NO RANKING UI GREENMETRIC: APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ENTROPIA

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um desafio que requer a participação de todos os agentes sociais, incluindo as universidades, que devem promover práticas de sustentabilidade (LOZANO, 2022). As universidades desempenham um papel essencial na sustentabilidade, adotando práticas sustentáveis como uso de energias renováveis, eficiência energética, transporte sustentável e redução de recursos naturais (LEAL FILHO et al., 2021). A Agenda 2030 da ONU, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destaca ações urgentes contra mudanças climáticas e acesso a energia sustentável. Nesse contexto, as universidades são estratégicas na implementação desses objetivos (ONU, 2024).

Além disso, a "Declaração de Talloires" e o ranking *UI GreenMetric* são exemplos de compromissos e ferramentas para medir a sustentabilidade nas universidades. O *UI GreenMetric* avalia campi em seis critérios: Configuração e Infraestrutura, Energia e Mudanças Climáticas, Resíduos, Água, Transporte e Educação (UI GREENMETRIC, 2023). A adoção dessas medidas permite às universidades contribuir significativamente para um mundo mais sustentável (LEAL FILHO et al., 2021). Portanto, os rankings universitários são ferramentas modernas e importantes para avaliar e comparar a performance das universidades em níveis nacional e internacional (MARTINS; BARREYRO, 2023). Eles classificam instituições com base em critérios específicos, como pesquisa, ensino, produtividade acadêmica, reputação, empregabilidade, internacionalização e inovação (Ribeiro, 2023). Cada ranking utiliza indicadores e pesos próprios, refletindo diferentes concepções de qualidade universitária e envolvem disputas políticas e sociais (MÁRQUEZ; LÓPEZ, 2023). Existem cerca de 20 rankings acadêmicos mundiais, mas poucos avaliam aspectos como sustentabilidade, sendo o *UI GreenMetric* um dos poucos a focar nesse aspecto (SILVA, 2023).

Criado em 2010 pela Universitas Indonésia, o *UI GreenMetric* é um dos rankings mais importantes para avaliar a sustentabilidade nas universidades (JUNGES ET AL., 2023). Ele considera indicadores como área verde, consumo de eletricidade, gerenciamento de água e resíduos, infraestrutura, energia e mudanças climáticas (UI GreenMetric, 2024). É a primeira tentativa de criar um ranking global do comportamento sustentável nas universidades, com o objetivo de promover uma cultura de sustentabilidade nas instituições de ensino superior (Soeiro et al., 2023).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido no Relatório de *Brundtland* de 1987 como a capacidade de atender às necessidades da geração presente sem comprometer as futuras (ONU, 2023). Lozano (2022) relaciona a sustentabilidade à qualidade de vida e ao uso racional dos recursos naturais, enquanto Leal Filho et al. (2021) destacam a importância da sustentabilidade na cultura universitária como agente de transformação. Nesse sentido, Lozano (2022) observa que a sustentabilidade no ensino superior não é uma novidade, sendo presente por pressões internas e externas. Reimers (2021) destaca a necessidade de investimentos para a sustentabilidade, apesar da resistência, afirmando que a longo prazo, esses investimentos trazem benefícios para a comunidade acadêmica e a sociedade.

Para compreender melhor a aplicação do método de entropia em contextos semelhantes, uma discussão mais detalhada sobre estudos anteriores foi incluída. Por exemplo, Zhou, Li e Wang (2019) aplicaram o método de entropia para avaliar a sustentabilidade em sistemas de energia, demonstrando como a entropia pode identificar ineficiências e áreas de melhoria. Com essa base teórica estabelecida, o próximo capítulo aborda as características metodológicas do estudo, incluindo paradigma, abordagem, estratégia, objeto de estudo, coleta de dados e análise e interpretação dos dados.

## 2 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos deste estudo foram delineados para garantir uma avaliação rigorosa e precisa da relevância dos indicadores de sustentabilidade das universidades listadas no ranking *UI GreenMetric*. A abordagem quantitativa foi escolhida por sua capacidade de fornecer uma análise objetiva e mensurável, conforme recomendado por Reimers (2021). A seguir, são detalhadas as etapas e métodos empregados:

### 2.1 AMBIENTE E COLETA DE DADOS

O estudo foi realizado no contexto das universidades participantes do ranking *UI GreenMetric*, abrangendo universidades de diferentes continentes, com foco especial nas universidades da América Latina. Os dados foram extraídos diretamente do site *UI GreenMetric*, garantindo a precisão e atualidade das informações (UI GREENMETRIC, 2023). Para assegurar a consistência dos dados, foi adotado um processo de verificação rigoroso, incluindo a validação cruzada com outras fontes e a normalização dos dados para garantir sua comparabilidade (LEAL FILHO; SALVIA; FRANKENBERGER, 2021).

### 2.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Foi utilizada uma amostragem não probabilística intencional para selecionar as universidades que forneciam informações completas sobre as seis categorias de indicadores de sustentabilidade. As universidades foram escolhidas com base na disponibilidade de dados abrangentes no site *UI GreenMetric*. Os sujeitos deste estudo são as universidades ranqueadas pelo *UI GreenMetric*, com dados completos em todas as seis categorias de indicadores de sustentabilidade: Água, Resíduos, Transporte, Energia e Mudanças Climáticas, Educação e Pesquisa, e Configuração e Infraestrutura (JUNGES et al., 2023).

### 2.3 TÉCNICA DE ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados, foi aplicada a técnica de entropia para medir a distribuição e dispersão das informações, avaliando a incerteza ou desordem presente no sistema. Inicialmente, foram identificados os componentes críticos do sistema, garantindo a inclusão de todos os aspectos relevantes (ZHOU; LI; WANG, 2019). As informações foram quantificadas com probabilidades de ocorrência de cada evento ou estado, calculadas a partir de dados históricos ou estimativas, permitindo uma representação precisa da distribuição.

A equação de Shannon foi utilizada para calcular a entropia:

$$H(X) = - \sum p(x) \log p(x) \quad (1)$$

Onde  $p(x)$  representa a probabilidade de ocorrência de um evento  $x$ . A entropia do sistema forneceu uma medida quantitativa da desordem ou incerteza associada à distribuição das informações. A aplicação dessa fórmula permitiu uma análise detalhada da complexidade e eficiência do sistema. Os resultados foram analisados para identificar áreas com alta desordem ou ineficiência. Uma alta entropia indicou grande dispersão de informações ou recursos, sugerindo ineficiências no sistema, enquanto uma baixa entropia indicou um sistema mais ordenado e eficiente.

### 2.4 JUSTIFICATIVA DOS PROCEDIMENTOS ESCOLHIDOS

Os procedimentos metodológicos foram escolhidos pela sua capacidade de fornecer uma análise precisa e objetiva dos indicadores de sustentabilidade das universidades. A abordagem quantitativa, aliada à técnica de entropia, permitiu uma avaliação detalhada da distribuição dos indicadores e da eficiência das práticas de sustentabilidade nas universidades (REIMERS, 2021).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 a seguir apresenta os pesos dos indicadores obtidos pela aplicação do método *Entropy*, utilizados para medir a significância dos indicadores da métrica *UI GreenMetric*, através das notas atribuídas às universidades ranqueadas no referido ranking.

Tabela 1. Peso (w) dos indicadores para as universidades latino americanas.

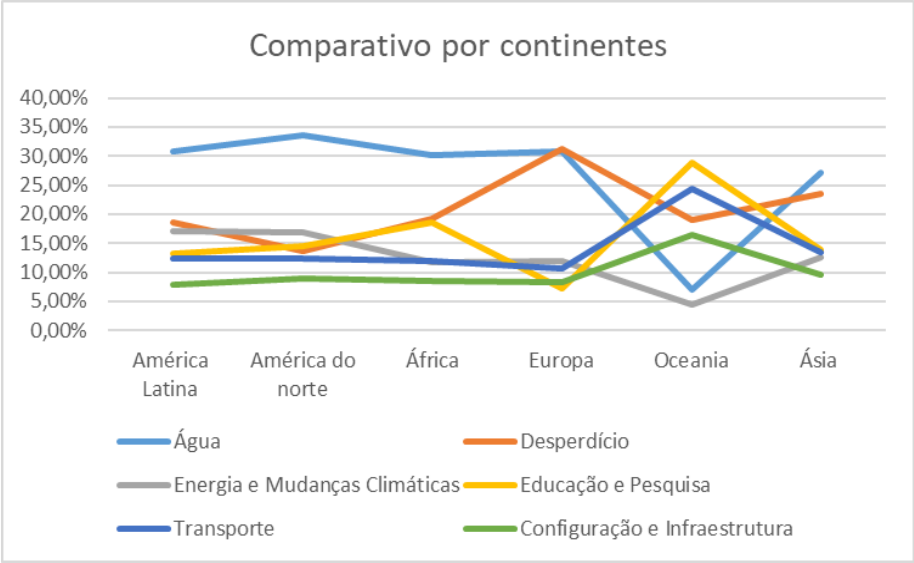
| Indicador                     | W (%)  |
|-------------------------------|--------|
| Água                          | 28,79% |
| Desperdício                   | 22,38% |
| Energia e Mudanças Climáticas | 13,59% |
| Educação e Pesquisa           | 13,03% |
| Transporte                    | 12,92% |
| Configuração e Infraestrutura | 9,28%  |

Fonte: autores, 2024.

Os resultados da aplicação do método *Entropy* para significância (%) dos indicadores, considerando todas as universidades listadas no ranking, variaram entre 9,28% e 28,79%. Observando as diferenças entre as realidades das universidades ao redor do mundo, o método Entropy foi aplicado novamente, mas desta vez dividindo as universidades ranqueadas por continentes: América do Norte, América Latina, Europa, África, Ásia e Oceania.

O objetivo dessa divisão foi comparar os pesos de significância dos indicadores em cada continente, a fim de observar o comportamento desses indicadores na diferenciação das universidades de seus respectivos continentes no ranking. Essa comparação pode ser visualizada na Figura 1 a seguir.

Figura 1. Comparação dos pesos (w) dos indicadores das universidades por continente.



Fonte: autores, 2024.

O indicador "Água" ocupa a primeira posição em significância nas Américas, Europa, Ásia e África. No entanto, na Oceania, ele ocupa apenas a penúltima posição em termos de relevância. O método *Entropy* mede a desordem e favorece no ranqueamento os critérios que são menos comuns entre as universidades. Isso indica que, em relação ao indicador "Água", as universidades da Oceania apresentam menor desigualdade na maturidade de aplicação desse critério, conforme medido pelo ranking, quando comparadas às universidades dos outros continentes.

Na Oceania, o indicador "Educação e Pesquisa" ocupa a primeira posição em significância. Outro fato interessante a ser observado é que, na Oceania, as porcentagens dos indicadores estão mais equilibradas em comparação com os demais continentes. Já nas Américas, Europa, Ásia e África, a porcentagem do indicador "Água" apresenta uma diferença considerável em relação aos demais indicadores, que têm suas diferenças entre as porcentagens menores.

Os resultados indicam que o método de entropia pode influenciar futuras políticas de sustentabilidade nas universidades, promovendo a adoção de práticas mais equilibradas e eficientes. As universidades podem usar esses resultados para priorizar áreas com alta desordem ou ineficiência, como o gerenciamento de água na Oceania, e implementar estratégias específicas para melhorar a sustentabilidade. Além disso, a análise comparativa por continente fornece uma visão detalhada das diferenças regionais, o que pode ajudar os gestores acadêmicos a desenvolver políticas de sustentabilidade adaptadas às necessidades locais.

Assim, o estudo reafirma a importância dos indicadores de sustentabilidade na avaliação das universidades e destaca a necessidade de uma abordagem holística e integrada para alcançar resultados duradouros. A aplicação do método de entropia revelou-se eficaz na identificação de áreas críticas e na promoção de práticas sustentáveis mais eficientes.

Os achados deste estudo proporcionam uma base sólida para a compreensão das práticas de sustentabilidade nas universidades, levando-nos à conclusão onde são sintetizadas as principais implicações e recomendações.

#### 4 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a importância dos indicadores de sustentabilidade em seis critérios no *UI GreenMetric World University Rankings* para universidades da América Latina, com foco específico no Brasil. Segundo Bautista-Puig e Sanz-Casado (2021), esses critérios são essenciais para avaliar práticas de sustentabilidade nas instituições de ensino superior. A análise revelou que os indicadores na categoria Água são especialmente significativos tanto na América Latina quanto no Brasil, alinhando-se com estudos que identificam a gestão hídrica como um desafio ambiental crucial (Chen & Luetz, 2020).

Para as universidades brasileiras, a diferença entre as porcentagens das categorias é pequena, sugerindo uma abordagem equilibrada entre os critérios de sustentabilidade. Em contraste, nas universidades latino-americanas, as categorias Água e Desperdício somam 49% de significância, indicando a necessidade de adaptações regionais nas estratégias de sustentabilidade (Martins; Barreyro, 2023).

Junges et al. (2023) ressaltam que são necessárias práticas efetivas e integradas para um futuro sustentável, além de iniciativas isoladas. Reimers (2021) enfatiza a importância de cultivar uma cultura de sustentabilidade em todas as atividades acadêmicas e administrativas. Oliveira (2021) argumenta que a adoção de práticas sustentáveis deve ser acompanhada de uma mudança paradigmática, onde a sustentabilidade é um princípio orientador em todas as áreas. Neiva e Costa (2023) destacam a necessidade do envolvimento ativo de toda a comunidade acadêmica para promover inovações sustentáveis e cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Assim, o estudo reafirma a importância dos indicadores de sustentabilidade na avaliação das universidades e destaca a necessidade de uma abordagem holística e integrada para alcançar resultados duradouros.

## REFERÊNCIAS

BAUTISTA-PUIG, N.; SANZ-CASADO, E. Sustainability practices in Spanish higher education institutions: an overview of status and implementation. *Journal of Cleaner Production*, v. 295, p. 126320, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126320.

CHEN, J.; LUETZ, J. Mono-/Inter-/Multi-/Trans-/Interdisciplinaridade em Pesquisa. In: FILHO, L. W.; AZUL, M. A.; BRANDLI, L.; ÖZUYAR, G. P.; WALL, T. (Eds.). *Quality Education Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer Nature, 2020. p. 1–17. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69902-8\\_33-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69902-8_33-1). Acesso em: 04 ago. 2024.

JIA, F.; WANG, X.; XU, M. Optimization of sustainable supply chain management: entropy-based evaluation and selection of strategies. *Sustainability*, v. 11, n. 18, p. 4939, 2019. DOI: 10.3390/su11184939.

JUNGES, V. de C.; CAMPOS, S. A. P.; de PALMA, L. C.; LAURINI, M. M. O que dizem os planos de desenvolvimento institucional sobre a sustentabilidade? Uma análise das IES destacadas em ações sustentáveis. *Arquivos de Análise de Políticas Educacionais*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14507/epaa.31.7719>. Acesso em: 04 ago. 2024.

LEAL FILHO, W.; SALVIA, A. L.; FRANKENBERGER, F. Governance and sustainable development at higher education institutions. *Environmental Development and Sustainability*, v. 23, n. 4, p. 6002–6020, 2021.

LOZANO, R.; BAUTISTA-PUIG, N.; BARREIRO-GEN, M. Developing a sustainability competences paradigm in Higher Education or a White Elephant? *Sustainable Development*, v. 30, p. 870-883, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2286>.

MÁRQUEZ, C. Z.; LÓPEZ, L. A. Caracterización de las estrategias de posicionamiento internacional de las universidades chinas y mexicanas. *Universidad & Ciencia*, v. 12, n. 2, p. 201-209, 2023.

MARTINS, A. D.; BARREYRO, G. B. Instrumentos de prestação de contas no ensino superior brasileiro: rankings acadêmicos na Comissão Parlamentar de Inquérito sobre a Administração das Universidades do Estado de São Paulo. *Arquivos de Análise de Políticas Educacionais*, 31, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14507/epaa.31.7398>. Acesso em: 04 ago. 2024.

NEIVA, D.; COSTA, H. Sustainability in higher education: the role of universities in promoting sustainable practices. *Journal of Sustainability*, v. 12, p. 2981, 2023. DOI: 10.3390/su12176245.

ONU. Quadro de indicadores globais para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e metas da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Quadro de indicadores globais

adotado pela Assembleia Geral (A/RES/71/313), refinamentos anuais contidos em E/CN.3/2018/2 (Anexo II), E/CN.3/2019/2 (Anexo II) e alterações na Revisão Abrangente de 2020 (Anexo II) e refinamentos anuais (Anexo III) contidos em E/CN.3/2020/2. Disponível em:

[https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202020%20review\\_Eng.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202020%20review_Eng.pdf). Acesso em: 23 jun. 2024.

OLIVEIRA, Y. P. L. Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: Uma revisão. *Meio Ambiente Brasil*, v. 4, n. 1, p. 2-20, 2021. DOI: 10.5281/zenodo.6302409.

REIMERS, F. M. O papel das universidades na construção de um ecossistema de educação sobre mudanças climáticas. In: REIMERS, F. M. (Ed.). *Educação e mudanças climáticas: explorações internacionais em educação ao ar livre e ambiental*. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57927-21>. Acesso em: 04 ago. 2024.

RIBEIRO, M. de O. *Rankings acadêmicos na educação superior: mapeamento e tendências nos países e regiões de língua portuguesa*, 2023.

SILVA, C. H. C. *Desenvolvimento regional sustentável: avaliação da política FNE Sol e seus reflexos no estado do Ceará nordeste do Brasil*, 2023.

SOEIRO, A. et al. Um estudo exploratório que examina os principais aspectos e ações para as universidades alcançarem altas classificações de sustentabilidade. 2023. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16799>. Acesso em: 25 jul. 2024.

UI GREENMETRIC. Disponível em: <https://greenmetric.ui.ac.id>. Acesso em: 12 jul. 2024.

UNESCO. *Educação para o desenvolvimento sustentável: um roteiro Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura*, França. Disponível em: <https://www.unesco.org/pt>. Acesso em: 18 jun. 2024.

WANG, Z. Y.; YANG, L. G.; CAI, Y. W. Application of entropy in evaluating information distribution in sustainable systems. *Measurement*, v. 156, p. 107574, 2020. DOI: 10.1016/j.measurement.2020.107574.

ZHOU, L.; LI, F.; WANG, H. Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making for Sustainability. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/3564835>.