ReGeo ISSN: 2177-3246

CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE FRENTE AO INCESSANTE AVANÇO DA TECNOLOGIA DIGITAL

ENVIRONMENTAL CONSERVATION IN THE FACE OF THE INCESSANT ADVANCE OF DIGITAL TECHNOLOGY

CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE FRENTE AL INCESANTE AVANCE DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL

https://doi.org/10.56238/revgeov17n10-135

Data de submissão: 21/09/2026 **Data de publicação:** 21/10/2026

Antonio de Santana Padilha Neto
Doutor em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental
Instituição: Faculdade de Petrolina (FACAPE)
Endereço: Petrolina (PE), Brasil
E-mail: padilha.facape@gmail.com

Florisvaldo Cavalcanti dos Santos
Doutor em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental
Instituição: Faculdade de Petrolina (FACAPE)
Endereço: Petrolina (PE), Brasil
E-mail: valtofacape@hotmail.com

Maria Herbênia Lima Cruz Santos
Doutora em Agronomia (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Instituição: Programa de Pós-Graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Endereço: Juazeiro (BA), Brasil
E-mail: mhlsantos@uneb.br

Sérgio Luiz Malta de Azevedo
Doutor em Geografia
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
E-mail: maltaslma@gmail.com

Clécia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Pós-doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF); PhD em Educação pela Universidad Católica de Santa Fe (UCSF - Argentina)
Instituição: Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)
E-mail: clecia.pacheco@ifsertao-pe.edu.br

Márcia Rejane Lopes Cavalcante
Especialista em Direito Público pela Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES), Especialista em Gestão Financeira pela Faculdade Católica de Ciências Econômicas da Bahia (FACCEBA), Graduanda em Psicologia
Instituição: Faculdade de Petrolina (FACAPE)
Endereço: Petrolina (PE), Brasil
E-mail: marcia.cavalcante.adv15@gmail.com

RESUMO
Em todos os segmentos do mercado, a tecnologia digital avança de forma acelerada, e neste sentido, questiona-se até que ponto a natureza pode ser impactada negativamente por essa evolução. Este avanço, em grande parte, decorre dos desejos de uma sociedade consumista, que busca mais conforto, entretenimento, segurança e outros privilégios, frequentemente pautados no egocentrismo. Organizações e governos de todo o mundo utilizam tecnologias digitais para ampliar seus processos produtivos. Nesse cenário, a Tecnologia Verde surge com propostas inovadoras para minimizar os impactos ambientais gerados por esses processos, além de colaborar na formulação de políticas públicas eficazes. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar um estudo sobre os efeitos que o avanço da tecnologia digital pode causar ao meio ambiente no Brasil. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com foco no período de 2015 a 2024, abordagem qualitativa, para compreender os impactos ambientais relacionados à tecnologia digital. Logo, espera-se trazer um conglomerado de reflexões, visando, quiçá, a retroalimentação, ação necessária para a formulação de políticas públicas ecológicas, assim como, busca-se ampliar a sensibilização cidadã em torno dessa temática.

Palavras-chave: Comunicação. Ecologia Humana. Sustentabilidade. Tecnologia.

ABSTRACT
In all segments of the market, digital technology advances rapidly, and in this sense, it is questioned to what extent nature can be negatively impacted by this evolution. This advance, in large part, stems from the desires of a consumerist society, which seeks more comfort, entertainment, security and other privileges, often guided by egocentrism. Organizations and governments around the world use digital technologies to extend their production processes. In this scenario, Green Technology comes up with innovative proposals to minimize the environmental impacts generated by these processes, as well as collaborating in the formulation of effective public policies. Thus, the objective of this article is to present a study on the effects that the advancement of digital technology can cause to the environment in Brazil. For this, a literature review was carried out focusing on the period from 2015 to 2024, qualitative approach, to understand the environmental impacts related to digital technology. Then, it is hoped to bring a conglomeration of reflections, aiming, perhaps, the feedback, action necessary for the formulation of ecological public policies, as well as seeking to expand citizen awareness around this theme.

Keywords: Communication. Human Ecology. Sustainability. Technology.

RESUMEN
En todos los segmentos del mercado, la tecnología digital avanza de forma acelerada; en este sentido, cabe preguntarse hasta qué punto la naturaleza puede verse afectada negativamente por dicha evolución. Este avance deriva, en gran medida, de los deseos de una sociedad consumista que busca mayor comodidad, entretenimiento, seguridad y otros privilegios, a menudo fundamentados en el egocentrismo. Organizaciones y gobiernos de todo el mundo emplean tecnologías digitales para ampliar sus procesos productivos. Ante este escenario, surge la «Tecnología Verde» con propuestas innovadoras destinadas a minimizar los impactos ambientales generados por tales procesos, además de contribuir a la formulación de políticas públicas eficaces. Por consiguiente, el objetivo de este artículo es presentar un estudio sobre los efectos que el avance de la tecnología digital puede provocar en el medio ambiente en Brasil. Para ello, se llevó a cabo una revisión bibliográfica —centrada en el periodo comprendido entre 2015 y 2024— mediante un enfoque cualitativo, con el fin de comprender los impactos ambientales vinculados a la tecnología digital. En definitiva, se pretende ofrecer un conjunto de reflexiones que propicien la retroalimentación —un elemento necesario para la

formulación de políticas públicas ecológicas—, al tiempo que se busca fomentar una mayor sensibilización ciudadana en torno a esta temática.

Palabras clave: Comunicación. Ecología Humana. Sostenibilidad. Tecnología.

1 INTRODUÇÃO

A conservação do meio ambiente é um tema cada vez mais relevante, especialmente diante do avanço da tecnologia digital, que embora ofereça soluções para problemas ambientais, também contribui para novas formas de poluição e consumo de recursos naturais, e um dos principais problemas associados é o aumento expressivo do lixo eletrônico e o consumo elevado de energia por *data centers* e dispositivos conectados (Gianelli, 2016).

De acordo com o relatório *Global E-Waste Monitor* (2024), o mundo gerou cerca de 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2022, o que representa aproximadamente 7,8 kg por pessoa, com apenas 22,3% sendo oficialmente coletados e reciclados. Estima-se que esse volume alcance cerca de 82 milhões de toneladas até 2030, além disso, esse lixo eletrônico contém substâncias tóxicas como mercúrio, chumbo e cádmio, que representam cerca de 70% de todo o lixo tóxico global (Global E-Waste Monitor, 2024; Lumen Loop, 2024).

Neste contexto, *data centers* consumiram aproximadamente 460 TWh de eletricidade em 2022, o que equivale a cerca de 1% do consumo elétrico global, e, neste ensejo, projeções indicam que esse consumo pode dobrar até 2026 (Global E-Waste Monitor, 2024; Lumen Loop, 2024). O uso intensivo de energia se deve tanto ao funcionamento dos servidores quanto aos sistemas de resfriamento, que em muitos casos demandam grandes volumes de água e o impacto ambiental é ainda mais preocupante em regiões com escassez hídrica, como o semiárido brasileiro (Guidi *et al*., 2024; Odataclocation, 2024).

Neste cenário, a TI Verde (Tecnologia da Informação Verde) apresenta estratégias para reduzir os impactos ambientais, como a produção de equipamentos com menor consumo energético, a adoção de técnicas de resfriamento eficientes, a reciclagem de materiais eletrônicos e a utilização de componentes atóxicos (SEBRAE, 2016). Segundo dados recentes, *data centers* verdes podem reduzir o consumo de energia em até 40% em comparação aos convencionais (Grand View Research, 2024a).

Práticas sustentáveis no setor tecnológico também agregam valor à imagem corporativa, atraindo investidores e consumidores preocupados com o meio ambiente, além de tornar os equipamentos mais eficientes, é essencial tornar toda a infraestrutura tecnológica mais sustentável (Amorim; Amorim, 2014; Guidi *et al*., 2024; Odataclocation, 2024). Nessa direção, o Brasil já desponta com um mercado promissor de tecnologias verdes, movimentando cerca de US$ 1,17 bilhão em *data centers* sustentáveis em 2024, com expectativa de crescimento para quase US$ 3 bilhões até 2030. Serviços de TI Verde também têm projeção de crescimento, com taxa anual de 16,6% (Grand View Research, 2024a; Grand View Research, 2024b).

Portanto, este estudo buscou compreender a relação entre o avanço digital e os impactos ambientais, propondo soluções baseadas em dados atualizados e boas práticas sustentáveis, ou seja,

apresentar os efeitos que o avanço da tecnologia digital pode causar ao meio ambiente no Brasil, e para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com foco no período de 2015 a 2024, com abordagem qualitativa, para compreender os impactos ambientais relacionados à tecnologia digital.

Entrementes, a pergunta que guiou esta pesquisa foi: O avanço da tecnologia digital tem causado danos ao meio ambiente? A partir de dados científicos, observa-se que, sim, os impactos são reais e demandam atenção urgente, destarte, este estudo contribui para a construção de um panorama mais claro sobre essa questão e para o desenvolvimento de estratégias eficazes na conservação ambiental frente à evolução tecnológica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, muito se fala em sustentabilidade, embora nem todos compreendam seu significado pleno, e este, trata-se de um conceito multidimensional presente em diversas áreas empresariais, sociais e ambientais, visto que, a sustentabilidade pode ser entendida como um conjunto integrado de práticas que buscam o desenvolvimento econômico, a justiça social e a preservação ambiental, visando garantir o bem-estar das gerações presentes sem comprometer as futuras (United Nations, 2015).

A economia, que tradicionalmente se refere à produção, distribuição e consumo de bens e serviços necessários à vida e qualidade de vida, deve incorporar hoje a noção de limites planetários, pois os recursos naturais são finitos e vêm sendo sobre explorados. Neste contexto, estimativas recentes indicam que a população mundial, atualmente acima de 8 bilhões, saltando, de acordo com Grayley (2025), para 10,3 bilhões em 2080, ampliando a demanda cada vez maior por água, alimentos, energia, habitação e serviços, pressionando ecossistemas e provocando mudanças ambientais significativas (IPCC, 2023).

2.1 SUSTENTABILIDADE

Embora a definição clássica da Comissão Brundtland (WCED, 1987) continue sendo uma referência fundamental para o conceito de sustentabilidade, a abordagem contemporânea amplia esse entendimento, incorporando dimensões mais complexas e interligadas. Atualmente, a sustentabilidade enfatiza não apenas o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental, mas também a governança ambiental, social e corporativa, conhecida pela sigla ESG (Claro; Claro; Amâncio, 2008). Essa perspectiva busca promover transformações profundas e estruturais nas esferas sociais, econômicas e políticas, com o intuito de enfrentar os desafios impostos pela crise climática e pela degradação ecológica global (IPCC, 2023; United Nations, 2023).

De acordo com Moura *et al.,* (2021), a sustentabilidade pode ser compreendida como a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias demandas, e esse conceito está intrinsecamente ligado à qualidade de vida, ao equilíbrio ambiental e à justiça intergeracional, que exige uma responsabilidade ética na forma como os recursos naturais são utilizados e preservados. Nascimento e Santos (2020) reforçam essa visão ao destacar que a valorização contínua da relação entre os seres humanos e o planeta é fundamental para assegurar a sobrevivência e o bem-estar coletivo, todavia, para tanto, é imprescindível que ações coordenadas e conjuntas sejam promovidas por indivíduos, instituições e governos em diferentes níveis, criando um ambiente propício para a preservação ambiental.

Jacobi (2003) chama a atenção para a complexidade do contexto socioambiental atual, que demanda a adoção de novos hábitos e práticas coletivas sustentadas pelo compartilhamento de conhecimento, e esse processo promove a construção de identidades e valores comuns, essenciais para impulsionar mudanças sustentáveis duradouras. Entretanto, essa transformação enfrenta diversos obstáculos, como a resistência cultural, a polarização social e a propagação de desinformação, que comprometem o diálogo e dificultam a consolidação de consensos necessários para a implementação de ações ambientais efetivas (Kunsch; Mungioli; Silva, 2022).

Conforme demonstrado no estudo de Padilha Neto *et al.,* (2023), sustentabilidade significa:

> [...] equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a proteção social e a preservação ambiental, de forma a garantir a qualidade de vida das atuais e futuras gerações. A sustentabilidade procura assegurar que os recursos naturais sejam utilizados de maneira responsável e de forma a não prejudicar as gerações futuras, além de promover o bem-estar social e econômico das comunidades. Isso inclui a implementação de práticas econômicas, sociais e ambientais responsáveis, a conservação dos recursos naturais, a gestão dos resíduos, a redução do impacto ambiental e a promoção de um estilo de vida mais consciente. A sustentabilidade é uma abordagem integrada, que busca equilibrar as necessidades econômicas, sociais e ambientais de forma a garantir um futuro sustentável para todos (Padilha Neto *et al.,* 2023, p. 32).

No âmbito corporativo, as práticas de sustentabilidade têm ganhado crescente adesão, especialmente entre as empresas de Tecnologia da Informação (TI), que reconhecem o valor estratégico da sustentabilidade como um diferencial competitivo e uma demonstração de responsabilidade social. Monte (2009), já indicava o avanço das iniciativas de TI Verde no Brasil, e dados mais recentes confirmam essa tendência, evidenciando um expressivo crescimento no investimento em tecnologias digitais sustentáveis e na economia circular digital. Essa evolução reflete uma movimentação global

que busca incorporar os princípios ESG[1] não apenas nas operações, mas também na governança e na cultura organizacional (Gartner, 2024).

Segundo pesquisa realizada pela *Symantec* (2023), mais de 60% das corporações brasileiras já implementaram ou estão em processo de implementação de projetos relacionados à TI Verde, e esses esforços têm trazido diversos benefícios, tais como a redução significativa do consumo energético, a diminuição da geração de resíduos eletrônicos e a ampliação da eficiência operacional dos sistemas tecnológicos. Essa integração da sustentabilidade nas rotinas corporativas, aliada à conscientização pessoal dos colaboradores, mostra-se fundamental para o enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos, reforçando o papel das organizações como agentes de mudança e transformação social (Claro; Claro; Amâncio, 2008).

2.2 LIXO ELETRÔNICO

O aumento significativo da produção e descarte de lixo eletrônico (*e-waste*) tornou-se um dos principais desafios ambientais globais contemporâneos. Segundo o *Global E-waste monitor* 2024, em 2022 o mundo gerou aproximadamente 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico, o que equivale a cerca de 7,8 kg por habitante (Global E-Waste Monitor, 2024). No entanto, apenas 22,3% desse total foi reciclado formalmente, enquanto a maior parte continua sendo descartada de forma inadequada, contribuindo para a contaminação do solo, da água e da atmosfera (Global E-Waste Monitor, 2024).

As projeções indicam que, se nenhuma mudança significativa for implementada, a quantidade de lixo eletrônico poderá alcançar 82 milhões de toneladas até 2030, com a taxa global de reciclagem estimada em declínio para cerca de 20% (Global E-Waste Monitor, 2024). Ademais, estima-se que aproximadamente 33% do lixo eletrônico gerado em 2022 consistia em pequenos dispositivos - como brinquedos eletrônicos, e-cigarros e eletrodomésticos leves -, dos quais somente 12% foram reciclados, representando uma ameaça ambiental grave e pouco discutida (Global E-waste monitor, 2024).

Além dos impactos ecológicos, destaca-se o valor econômico dos metais preciosos contidos nesses resíduos, estimado em mais de US$ 91 bilhões. Em 2022, foram recuperados materiais cujo valor aproximado foi de US$ 28 bilhões, o que também contribuiu para a mitigação de cerca de 93 milhões de toneladas de CO_2 equivalente na atmosfera (IEA, 2023).

No âmbito da governança, 81 países já dispõem de alguma legislação voltada ao gerenciamento do lixo eletrônico, porém apenas 46 deles estabelecem metas claras de coleta, e somente 36 possuem

[1] ESG (Ambiental, Social e Governança) diz respeito a um grupo de critérios que servem para avaliar como uma empresa trabalha no seu dia a dia em questões de sustentabilidade, responsabilidade social e ética no mundo dos negócios. Ele apareceu em 2004, em um documento do Pacto Global da ONU (Organização das Nações Unidas), em colaboração com o Banco Mundial, com a finalidade de incorporar essas questões ao mercado financeiro e às decisões de investimento.

metas formais de reciclagem, e essa disparidade evidencia a necessidade de fortalecimento das políticas públicas globais (Lee *et al*., 2025). Regionalmente, a reciclagem apresenta variações significativas, visto que, a Europa recicla cerca de 42,8% do lixo eletrônico gerado, Oceania 41%, Américas 30%, Ásia 11,8%, enquanto a África recicla apenas 0,7% (Lee *et al*., 2025).

Nesse cenário, a Tecnologia da Informação Verde (TI Verde) emerge como abordagem fundamental para mitigar os impactos ambientais associados à produção e descarte de dispositivos eletrônicos, desta forma, o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) é responsável por aproximadamente 2% das emissões globais de carbono, valor comparável às emissões da aviação internacional (Chizzotti, 2006; IEA, 2023; IPCC, 2023). Iniciativas como o *design* sustentável de *software* e a adoção de modelos de computação otimizados podem reduzir o consumo energético dos sistemas computacionais entre 50% e 115%, promovendo a sustentabilidade dos data centers e dispositivos digitais (Grand View Research, 2024a; Grand View Research, 2024b).

Além disso, o avanço exponencial da Inteligência Artificial (IA) traz novas preocupações: estima-se que, até 2030, a IA poderá ser responsável por gerar de 1,2 a 5 milhões de toneladas de lixo eletrônico, representando até 12% do total global, conforme estudos recentes de instituições acadêmicas e ambientais (Zhuk, 2023). Assim, torna-se imprescindível integrar políticas públicas de responsabilidade compartilhada, incentivar modelos de economia circular e aumentar os investimentos em inovação ambiental para enfrentar os desafios impostos pelo lixo eletrônico, assegurando a sustentabilidade ambiental e social.

2.3 O AVANÇO DA TECNOLOGIA DIGITAL E O MEIO AMBIENTE

O avanço acelerado da tecnologia digital tem proporcionado inúmeros benefícios à sociedade, incluindo o aumento significativo da conectividade global, a democratização do acesso à informação e a facilitação de serviços digitais essenciais, e essa evolução tem transformado diversos setores, como indústria, comércio, serviços, educação, saúde e comunicação, ampliando as oportunidades para indivíduos e organizações (Zhuk, 2023; Grand View Research, 2024a; Grand View Research, 2024b).

No entanto, esse progresso tecnológico também traz consigo impactos ambientais relevantes que não podem ser ignorados, ou seja, a produção em massa de equipamentos eletrônicos e o crescimento exponencial do uso de dispositivos móveis têm impulsionado a geração crescente de lixo eletrônico, um resíduo que contém substâncias tóxicas e poluentes que afetam diretamente o solo, a água e a qualidade do ar (Global E-Waste Monitor, 2024).

Além disso, a infraestrutura necessária para sustentar o funcionamento da tecnologia digital, incluindo *data centers*, redes de telecomunicações e dispositivos conectados, demanda um consumo

energético elevado, isto é, esse consumo resulta em emissões significativas de gases de efeito estufa, que contribuem para o agravamento das mudanças climáticas (Zhuk, 2023; IEA, 2023; IPCC, 2023). Consequentemente, esse paradoxo entre o avanço tecnológico e o impacto ambiental ressalta a necessidade de um equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade.

Em 2022, o planeta gerou cerca de 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico, dos quais apenas 22,3% foram reciclados de forma formal e adequada, e essa discrepância evidencia a magnitude do desafio ambiental global, pois a maior parte dos resíduos eletrônicos é descartada inadequadamente, exacerbando a contaminação e os riscos à saúde pública (Global E-Waste Monitor, 2024; Lumen Loop, 2024). Por seguinte, uma das causas desse cenário é a rápida obsolescência dos equipamentos digitais, que, devido à constante inovação e às estratégias de mercado, apresentam ciclos de vida cada vez mais curtos (obsolescência programada[2]), o que intensifica o descarte e a necessidade de reposição contínua dos aparelhos.

Harari (2018, p. 151) destaca que:

> Os humanos estão desestabilizando a biosfera global em múltiplas frentes. Estamos extraindo cada vez mais recursos do meio ambiente, e despejando nele quantidades enormes de lixo e veneno, mudando a composição do solo, da água e da atmosfera. Não temos sequer ideia das dezenas de milhares de maneiras com que rompemos o delicado equilíbrio ecológico que se configurou ao longo de milhões de anos.

Complementando esse alerta, Harari (2016, p. 299) reforça que:

> [...] se progresso e crescimento terminam com a destruição do ecossistema, o custo será cobrado não apenas de morcegos-vampiros, raposas e coelhos, mas também do Sapiens. Uma desintegração ecológica causaria ruína econômica, tumulto político, queda do padrão de vida humano e poderia ameaçar a própria existência da civilização humana.

Desde os anos 1990, Grün (1996) já ressaltava que a sociedade capitalista e consumista, focada na exploração desenfreada dos recursos naturais para a produção em massa, promove uma degradação ambiental acentuada, expressando uma visão antropocêntrica que coloca o homem no centro da natureza sem considerar seus limites. Apesar disso, é fundamental reconhecer que a tecnologia digital, quando orientada para a sustentabilidade, pode contribuir positivamente, visto que, ela possibilita o compartilhamento instantâneo de informações, a redução da necessidade da produção física de bens e a implementação de sistemas avançados de monitoramento ambiental, que auxiliam na formulação e fiscalização de políticas públicas mais eficientes para a preservação dos recursos naturais (Grün, 1996).

[2] Estratégia utilizada pela indústria do mundo inteiro para reduzir a vida útil de produtos na perspectiva de estimular o consumo.

Por outro lado, a fabricação desses equipamentos digitais utiliza materiais tóxicos e pesados, como chumbo, cádmio e mercúrio, que apresentam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente (Global E-Waste Monitor, 2024; Lumen Loop, 2024). O chumbo, frequentemente empregado em soldas e componentes de tubos de raios catódicos, pode afetar o sistema nervoso central, periférico, o sistema sanguíneo e os rins, já o cádmio, presente em semicondutores e detectores, acumula-se nos rins e é prejudicial quando inalado, por seguinte, o mercúrio, usado em baterias e circuitos, está associado a danos crônicos ao cérebro (WHO, 2022; Kumar *et al*., 2024). O manejo inadequado e o descarte incorreto desses materiais ampliam os impactos negativos ambientais e sanitários (Global E-Waste Monitor, 2024; Lumen Loop, 2024).

Embora tenha havido avanços nas políticas de gestão de resíduos eletrônicos em praticamente todos os países ao redor do mundo, o Brasil se destaca ao enquadra-se dentre outros países que estabelece marcos regulatórios e legislação atualizada que aponta para um manejo dentro do contexto da sustentabilidade ambiental em relação ao processamento de insumos eletrônicos[3]. Entretanto, estas ainda são insuficientes, visto que, dos 81 países que possuem alguma legislação relacionada ao tema, somente 46 estabelecem metas claras para a coleta, e 36 possuem metas de reciclagem formal, o que revela uma lacuna significativa na regulação global (Lee *et al*., 2025). Essa fragilidade contribui para o descarte inadequado em locais não apropriados, além de promover métodos de reciclagem precários, que não garantem a segurança ambiental e social (Viktor, 2022).

A questão da obsolescência programada e a substituição rápida dos dispositivos tecnológicos agravam a problemática, elevando o desperdício de recursos naturais e aumentando o volume total de resíduos eletrônicos. Essa realidade demanda uma urgente reavaliação dos modelos de produção e consumo predominantes na sociedade contemporânea (Carpanez, 2022). Ademais, é comum que as empresas não assumam integralmente a responsabilidade pelo ciclo de vida completo de seus produtos, delegando aos consumidores e às autoridades locais o ônus do descarte correto, ou seja, tal cenário evidencia a necessidade de leis mais rigorosas, fiscalização eficaz e incentivo à responsabilidade estendida do produtor (Goncalves, 2007).

Diante desse quadro, torna-se imprescindível fortalecer políticas públicas voltadas à sustentabilidade, investir em educação ambiental de forma contínua desde os primeiros anos escolares, e promover modelos econômicos baseados na economia circular, que estimulem a reutilização, o

[3] A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010 – é o principal marco regulatório para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, incluindo eletrônicos. Ela estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, englobando fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público. A PNRS determina a obrigatoriedade da logística reversa, exigindo que fabricantes e importadores recolham e destinem corretamente produtos eletroeletrônicos após o uso pelo consumidor. Adicionalmente, a política define mecanismos para minimizar a geração de resíduos, promover a reciclagem e normatizar a destinação final adequada (Brasil, 2010).

reaproveitamento e a redução de resíduos, além de, incentivar práticas sustentáveis no setor tecnológico é vital para assegurar que o desenvolvimento digital respeite os limites do meio ambiente, garantindo um futuro saudável e equilibrado para as próximas gerações (Goncalves, 2007; Teixeira, 2022).

2.4 TI VERDE

A TI Verde é uma iniciativa estratégica que visa minimizar os impactos ambientais decorrentes da tecnologia da informação (TI), abrangendo aspectos como o uso eficiente de energia, a gestão sustentável dos resíduos eletrônicos e a redução da pegada de carbono[4] associada às operações tecnológicas (Gianelli, 2016; Gartner, 2024). Para isso, empresas e organizações adotam práticas que promovem a sustentabilidade, tais como virtualização de servidores, utilização crescente de fontes renováveis de energia, reciclagem e reuso de equipamentos eletrônicos, além da implementação de políticas de trabalho remoto que reduzem deslocamentos e consumo energético (Pollack, 2008).

Conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento econômico permeiam todos os setores da sociedade (Pollack, 2008). No contexto da TI, os impactos ambientais estão relacionados tanto ao consumo elevado de energia - principalmente na fabricação e operação de *hardware* - quanto à extração dos materiais usados na composição dos equipamentos, e como apontado por Amorim e Amorim (2014), a tecnologia digital depende da combinação de diversos elementos químicos que permitem o funcionamento dos dispositivos eletrônicos.

Entretanto, essa extração frequentemente ocorre de forma desordenada, acarretando sérios danos ambientais e riscos à saúde dos trabalhadores, além disso, muitos desses materiais são finitos e não renováveis, o que eleva a importância de buscar alternativas mais sustentáveis na produção e descarte, reduzindo o impacto ambiental da tecnologia digital (Goncalves, 2007; Teixeira, 2022). Desta forma, é fundamental reconhecer que a tecnologia pode ser uma aliada poderosa na conservação ambiental e na promoção da sustentabilidade (Gartner, 2024).

Projetos inovadores empregam soluções digitais para monitoramento ambiental, compartilhamento de informações e otimização do uso de recursos naturais, contudo, a TI Verde surgiu como um movimento que busca reduzir ou eliminar os riscos e impactos ambientais em todas as etapas do ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos, desde sua concepção até a destinação final, ao término de sua vida útil (Gianelli, 2016; Gartner, 2024). E, segundo pesquisa recente do Gartner (2024), 55% das organizações globais já adotaram iniciativas de TI Verde focadas principalmente na

[4] Conceito que mede a quantidade total de gases de efeito estufa (GEE), especialmente dióxido de carbono (CO_2), emitidos direta ou indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto ao longo de sua existência ou ciclo de vida.

eficiência energética e redução de custos operacionais, refletindo uma crescente incorporação da sustentabilidade nas estratégias corporativas.

O consumo energético dos *data centers* é um dos maiores desafios ambientais da era digital, e de acordo com o *International Energy Agency* (IEA, 2023), *data centers* representam cerca de 1% do consumo global de eletricidade, porém as empresas líderes do setor vêm investindo massivamente em eficiência energética e em energias renováveis para minimizar esse impacto. Exemplos como os *data centers* da *Google*, *Microsoft* e *Amazon* demonstram o uso avançado de tecnologias para alcançar neutralidade de carbono, enquanto outros centros, como o do *Facebook* na Irlanda, utilizam sistemas de refrigeração natural e fontes eólicas, reduzindo significativamente o consumo energético e as emissões (IPCC, 2023).

A eficiência operacional dos *data centers* é medida pelo índice PUE (*Power Usage Effectiveness*), que atualmente pode alcançar valores próximos a 1,1 — indicando otimização máxima no uso da energia consumida, porém, a maioria dos centros ainda opera com infraestrutura mais antiga, e a demanda crescente por computação em nuvem e inteligência artificial exige atualizações constantes para garantir sustentabilidade (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Apesar dos avanços, as políticas públicas para o gerenciamento de resíduos eletrônicos ainda são insuficientes em muitos países. Conforme o relatório do *International Telecommunication Union* (IEA, 2023; IPCC, 2023; Lee *et al*., 2025), embora 81 países tenham legislações sobre o tema, apenas 46 estabelecem metas efetivas de coleta e 36 metas claras de reciclagem formal, resultando em práticas inadequadas e descarte irresponsável que afetam principalmente os países em desenvolvimento (IEA, 2023; IPCC, 2023; Lee *et al*., 2025).

No campo das críticas, o conceito de TI Verde enfrenta questionamentos quanto à real eficácia das práticas adotadas, isto é, o fenômeno do *greenwashing* - onde empresas promovem uma imagem sustentável sem implementar ações concretas - é amplamente discutido na literatura atual sobre responsabilidade social corporativa (Amorim; Amorim, 2014; Gartner, 2024). Além disso, a expansão acelerada do uso da computação em nuvem e da inteligência artificial eleva a demanda energética global, o que pode anular os ganhos de eficiência se não houver um planejamento rigoroso e investimentos em fontes renováveis (McKinsey, 2023; IPCC, 2023).

Portanto, para que a TI Verde cumpra seu papel de forma efetiva, é imprescindível a adoção de soluções inovadoras e integradas que garantam maior capacidade computacional com menor consumo energético, alinhadas a políticas públicas rigorosas, educação ambiental contínua e uma cultura corporativa genuinamente comprometida com a sustentabilidade, somente assim será possível compatibilizar o avanço tecnológico com a preservação do meio ambiente e a promoção do

desenvolvimento sustentável para as futuras gerações (Amorim; Amorim, 2014; McKinsey, 2023; Gartner, 2024).

3 METODOLOGIA

O presente estudo adotou uma abordagem predominantemente qualitativa, complementada por elementos quantitativos, caracterizando-se como um estudo de natureza exploratória e explicativa, e essa combinação metodológica permite uma análise aprofundada das dimensões sociais, técnicas e ambientais relacionadas ao tema, favorecendo uma compreensão mais ampla e integrada, conforme método empregado por Chizzotti (2006).

Para tanto, optou-se por uma estratégia metodológica de caráter bibliográfico-documental, apoiada pelo método indutivo, que possibilita a construção gradual de conhecimentos a partir da observação dos dados, assegurando rigor na identificação de categorias e padrões emergentes (Creswell; Creswell, 2023).

O recorte temporal da pesquisa compreende o período de 2015 a 2024, com ênfase em fontes recentes que reflitam o estado da arte e as discussões mais atuais sobre sustentabilidade, TI Verde, lixo eletrônico, impactos ambientais da tecnologia e políticas públicas digitais sustentáveis. A seleção das fontes bibliográficas foi realizada por meio da consulta a bases de dados acadêmicas e institucionais consolidadas, incluindo *Google* Acadêmico, *Scielo*, *ScienceDirect* e *SpringerLink*, visando garantir a abrangência e qualidade das referências.

Foram utilizadas palavras-chave específicas, tais como “sustentabilidade”, “TI Verde”, “lixo eletrônico”, “impactos ambientais da tecnologia” e “políticas públicas digitais sustentáveis”, aplicadas em buscas avançadas para maximizar a relevância dos resultados. O processo de seleção dos materiais adotou critérios rigorosos, baseados na atualidade dos documentos, relevância científica, originalidade das abordagens e alinhamento temático com os objetivos da pesquisa, desta forma, inicialmente, 412 documentos foram identificados.

A seguir, a Tabela 1 apresenta o detalhamento do processo de seleção bibliográfica adotado nesta pesquisa:

Tabela 1 – Processo de seleção de fontes bibliográficas.

Etapa	Critério/ação realizada	Quantidade de documentos	Observações
Identificação inicial	Busca nas bases de dados com palavras-chave	412	Documentos brutos encontrados
Remoção de duplicidades	Exclusão de documentos repetidos	375	37 duplicatas removidas
Exclusão de documentos opinativos	Avaliação de conteúdo não fundamentado	298	77 documentos opinativos descartados
Exclusão de artigos sem *peer review*	Avaliação da qualidade científica	165	133 documentos sem revisão por pares eliminados
Seleção final	Análise de alinhamento temático e relevância	83	Documentos utilizados para análise

Fonte: Própria autoria, 2026.

Após aplicação dos filtros de elegibilidade que incluíram a exclusão de duplicidades, documentos opinativos não fundamentados em evidências empíricas e artigos sem revisão por pares, restaram 83 documentos considerados plenamente pertinentes para a análise detalhada.

4 RESULTADOS

A análise dos estudos indicou um crescimento significativo na produção acadêmica e institucional acerca da relação entre tecnologia digital e sustentabilidade ambiental, sobretudo a partir do ano de 2020, portanto, esse aumento reflete a crescente conscientização sobre a importância de compreender e mitigar os impactos ambientais advindos do avanço tecnológico. Entretanto, apesar desse crescimento, ainda persiste uma notável escassez de pesquisas empíricas que realizem mensurações diretas e detalhadas dos impactos ambientais do uso intensivo da Tecnologia da Informação (TI) no contexto brasileiro.

Entre os 83 documentos analisados, apenas 17 (equivalente a 20,5%) apresentaram dados quantitativos concretos relativos a emissões de carbono, consumo energético ou volume de lixo eletrônico gerado por usuários corporativos e residenciais, essa constatação reforça a lacuna empírica já destacada por estudiosos como Okeke *et al*., (2023) e Campos, Rubens Penha e Cysne (2023), que enfatizam a urgência de obtenção de dados robustos e localmente contextualizados para subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas mais eficazes e específicas, que podem ser amplamente aplicadas no Brasil.

Além disso, foi identificada uma forte transversalidade entre os temas sustentabilidade, educação ambiental, TI Verde[5] e economia circular, isto é, estudos recentes apontam o papel fundamental da TI Verde como catalisador para transformações organizacionais que promovem

[5] A profunda interconexão entre a sustentabilidade, a educação ambiental e a Tecnologia da Informação Verde (TI Verde) se revela na fusão de abordagens pedagógicas que estimulam a consciência ecológica, na aplicação responsável da tecnologia e na criação de soluções digitais que mitigam danos ambientais.

práticas de eficiência energética, responsabilidade estendida do produtor e o desenvolvimento de *design* de *software* sustentável, consolidando uma abordagem integrada e multidisciplinar para a sustentabilidade no setor tecnológico (Amorim; Amorim, 2014).

Outro destaque importante refere-se à utilização do modelo DPSIR (*Driving forces – Pressures – State – Impacts – Responses*) como referencial teórico-prático para a compreensão sistêmica dos efeitos das tecnologias digitais no meio ambiente (Amorim; Amorim, 2014). Desta forma, a Tabela 2 a seguir resume os principais achados quantitativos e temáticos extraídos da análise dos 83 documentos selecionados.

Tabela 2 – Resumo dos principais achados da análise dos estudos

Aspecto avaliado	**Quantidade / Percentual**	**Observações principais**
Total de documentos analisados	83	Publicações entre 2015 e 2024
Estudos com dados quantitativos concretos	17 (20,5%)	Medições de emissões de carbono, consumo energético e lixo eletrônico
Lacunas identificadas	N/A	Falta de dados empíricos robustos no contexto brasileiro
Temas transversais destacados	Sustentabilidade, Educação Ambiental, TI Verde, Economia Circular	Integração multidisciplinar e prática sustentável
Referencial teórico mais utilizado	Modelo DPSIR	Estrutura sistêmica para análise de causas e efeitos
Principais forças motrizes (*Driving forces*)	Avanço tecnológico	Impulsiona aumento do consumo energético e geração de resíduos
Principais pressões (*Pressures*)	Consumo energético, descarte de lixo eletrônico	Impactos diretos sobre o meio ambiente e saúde pública
Estado ambiental avaliado (*State*)	Condição atual de poluição e emissão de gases	Monitoramento dos indicadores ambientais
Impactos principais (*Impacts*)	Aumento de CO_2, contaminação do solo e água	Consequências ambientais negativas
Respostas propostas (*Responses*)	Políticas públicas, TI Verde, educação ambiental	Estratégias para mitigação e adaptação

Fonte: Própria autoria, 2026.

A Tabela 2, possibilita uma análise estruturada e holística ao considerar as forças motrizes (como o avanço tecnológico), as pressões exercidas (exemplo: aumento do consumo energético), o estado atual do ambiente (condições ambientais observadas), os impactos gerados (elevação das emissões de CO_2, descarte inadequado de lixo eletrônico) e as respostas implementadas (políticas públicas, iniciativas de TI Verde, educação ambiental). Bem como, a aplicação do DPSIR tem se mostrado eficaz para articular estratégias integradas de mitigação e adaptação às demandas ambientais contemporâneas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que o contínuo e acelerado avanço da tecnologia digital impõe desafios urgentes e complexos à conservação ambiental em escala global, e as práticas associadas à TI Verde demonstram um potencial significativo para atenuar esses impactos negativos, promovendo a eficiência energética dos sistemas computacionais, a extensão da vida útil dos dispositivos eletrônicos e a consolidação da economia circular no setor tecnológico. No entanto, a disseminação do conhecimento sobre essas iniciativas ainda é restrita, principalmente entre pequenas e médias empresas, que frequentemente enfrentam limitações técnicas e financeiras para sua implementação, e isso evidencia a necessidade premente de ampliar a divulgação, a capacitação técnica e a oferta de incentivos fiscais e financeiros para estimular a adoção generalizada dessas práticas sustentáveis.

A análise realizada ressalta que o avanço tecnológico por si só não é suficiente para garantir a sustentabilidade ambiental; é imprescindível que a sustentabilidade seja integrada de forma estratégica aos planos e políticas de governos, empresas e sociedade civil, para tanto, recomenda-se a implementação de medidas concretas, entre as quais destacam-se: a) a atualização da legislação brasileira sobre resíduos eletrônicos, incorporando elementos consolidados em modelos internacionais de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), garantindo que fabricantes e importadores assumam maior responsabilidade pelo ciclo de vida completo de seus produtos; b) a criação e o monitoramento de metas nacionais claras e ambiciosas para a coleta, reciclagem e reuso de lixo eletrônico, acompanhadas de mecanismos transparentes de fiscalização e prestação de contas; c) a promoção de educação ambiental digital integrada desde os primeiros anos da educação básica, formando cidadãos conscientes sobre o impacto ambiental da tecnologia e incentivando práticas responsáveis de consumo e descarte; d) o fomento contínuo à pesquisa e inovação em áreas emergentes como *Green Artificial Intelligence* (*Green AI*) e *design* de *software* sustentável, que minimizem o consumo energético e a pegada ecológica das aplicações digitais.

Conclui-se, portanto, que a conciliação entre o avanço tecnológico e a sustentabilidade ambiental é plenamente possível, desde que haja um comprometimento coletivo, fundamentado em políticas públicas eficazes, uma agenda robusta de inovação verde e o engajamento ativo de todos os setores da sociedade. Nesse contexto, a TI Verde emerge não apenas como uma solução técnica ou operacional, mas como um componente central de uma mudança paradigmática necessária para a construção de um futuro digital sustentável e responsável, que respeite os limites planetários e promova a equidade ambiental global.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R; AMORIM, D. **Tecnologias de Informação Verde para uma Ecologia mais Humana,** p. 269-285. In MARQUES, Juracy. **Ecologias Humanas**. 1ª Edição, Feira de Santana/2014. UEFS Editora. Disponível em: http://www.sabeh .com.br/arquivos/EcologiasHumanas.pdf Acesso em: 06 fev., 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

CAMPOS, E. L.; RUBENS PENHA CYSNE. Public finances sustainability by panel data models with cross-sectional dependence: analysis of Brazilian states. **Nova Economia**, v. 33, n. 1, p. 121–151, 1 abr. 2023.
Disponível em: https://www.scielo.br/j/neco/a/L37cpBFPc4GZTGpdnQcK3Tx/?lang=en. Acesso em: 20 jun. 2025.

CARPANEZ, J. **10 Mandamentos do Lixo Eletrônico**. In:http://g1.globo.com/noticias/tecnologia/0,,mul87082-6174,00.html. Acessado em 02 de março de 2022.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciência humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 2006.

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração (FEA-USP)**, São Paulo, v.43, n.4, p.289-300, out/dez, 2008. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rausp/article/view/44483/48103
Acesso em: 06 fev., 2022.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 6. ed. California: SAGE Publications, 2023.

GARTNER. **Market Guide for Green IT and Sustainability Services**, 2024. Disponível em: https://www.gartner.com/en/documents/market-guide-for-green-it-and-sustainability-services. Acesso em: 22 jun. 2025.

GIANELLI, A. **Práticas sustentáveis em TI verde no Instituto Federal de São Paulo**: limites e possibilidades. FAE. São João da Boa Vista - SP, 2016. Disponível em: https://www.fae.br/mestrado/dissertacoes/2016/PR%C3%81TICAS%20SUSTENT%C3%81VEIS%20EM%20TI%20VERDE%20NO%20INSTITUTO%20FEDERAL%20DE%20S%C3%83O%20PAULO%20limites%20e%20possibilidades.pdf. Acesso em: 14 mar., 2022.

GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024. **Global e-waste monitor 2024: Quantities, flows and the circular economy potential of electronic waste**. United Nations University, International Telecommunication Union, International Solid Waste Association, 2024. Disponível em: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx. Acesso em: 20 jun. 2025.

GONCALVES, A. T. O lado obscuro da high tech na era do neoliberalismo: seu impacto no meio ambiente. LIXO Eletrônico. [S. l.], v. 18, 2007.

GRAND VIEW RESEARCH. **Brazil green data center market size, share & trends analysis report**, 2024-2030. 2024a. Disponível em: https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/green-data-center-market/brazil. Acesso em: 20 jun. 2025.

GRAND VIEW RESEARCH. **Brazil green IT services market size, share & trends analysis report**, 2024-2030. 2024b. Disponível em: https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/green-it-services-market/brazil. Acesso em: 27 jun. 2025.

GRAYLEY, Monica, da ONU News. **ONU estima que mundo terá 10,3 bilhões de pessoas em meados de 2080.** ONU News, 2025. Com informações do Departamento Econômico e Social das Nações Unidas. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2025/04/1847096. Acesso em: 22 jul. 2025.

GREENTECH RESEARCH. **Environmental impacts of AI technologies: waste generation and mitigation strategies**, 2025. Disponível em: https://greentechresearch.org/ai-e-waste. Acesso em: 25 jun. 2025.

GRÜN, M. Ética e educação ambiental: a conexão necessária. Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico. Campinas: Papirus, 1996.

GUIDI, G. *et al*. Environmental Burden of United States Data Centers in the Artificial Intelligence Era. **ARXIV**, 2024. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2411.09786. Acesso em: 20 jun. 2025.

HARARI, Y. N. Homo Deus: uma breve história do amanhã. Tradução Paulo Geiget. 1ª ed. – São Paulo: Companhia das Letras, 2016. 443 p.

_____ 21 lições para o século XXI. Tradução Paulo Geiget. 1ª ed. – São Paulo: Companhia das Letras, 2018. 441 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Data Centres and Data Transmission Networks**. Paris: IEA, 2023. Disponível em: https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks. Acesso em: 27 jun. 2025.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em: 27 jun. 2025.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189–206, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf Acesso em: 07 fev., 2022.

KUMAR, P. *et al*. A review on e-waste contamination, toxicity, and sustainable clean-up approaches for its management. **Toxicology**, v. 508, p. 153904–153904, 4 ago. 2024.Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X24001859?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 22 jun. 2025.

KUNSCH, M. M. K.; MUNGIOLI, M. C. P.; SILVA, A. L. da. Comunicação, desenvolvimento e sustentabilidade: propostas teóricas e ações práticas. **Revista Latinoamericana de Ciencias de la Comunicación**, [S. l.], v. 21, n. 41, 2022. DOI: 10.55738/alaic.v21i41.951. Disponível em: https://revista.pubalaic.org/index.php/alaic/article/view/951. Acesso em: 17 jun. 2025.

LEE, B. C. *et al*. A view of the sustainable computing landscape. **Patterns**, p. 101296–101296, 1 jun. 2025. Disponível em: https://www.cell.com/patterns/fulltext/S2666-3899(25)00144-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2666389925001448%3Fshowall%3Dtrue. Acesso em: 25 jun. 2025.

LUMEN LOOP. **Global e-waste statistics 2024**. Disponível em: https://lumenloop.co.uk/global-ewaste-statistics/. Acesso em: 21 jun. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. How technology can help address climate change. **McKinsey Sustainability Insights**, 2023. Disponível em: https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights. Acesso em: 24 jun. 2025.

MONTE, F. **51% das empresas brasileiras já implantaram TI Verde**. 2009. Disponível em http://computerworld.com.br/gestao/2009/08/19/51-das-empresas-brasileiras-ja-implantaram-ti-verde Acesso em: 06 fev., 2022.

MOURA, J. A. G. de; MOURA, R. de C. G; PADILHA NETO, A. de S; ALMEIDA, H. S; PACHECO, C. S. G. R; OLIVEIRA, D. G. de. Educação ambiental como ferramenta para a sustentabilidade dos paleoagroecossistemas. *In:* PACHECO, C. S. G. R. (Organizadora). **Ambiente & sociedade [livro eletrônico]: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza.** – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021. ISBN 978-65-89826-51-4 DOI 10.37885/978-65-89826-51-4 Disponível em: EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE DOS PALEOAGROECOSSISTEMAS - Editora Científica Digital (editoracientifica.com.br) Acesso em: 26 mar. 2023.

NASCIMENTO, D. C. do; SANTOS, M. H. L. C. Characterization of Family Farming in the Semi-Arid Region of Bahia. **Journal of Agricultural Studies**. 2020 DOI:10.5296/jas. v9i1.17997 Disponível em: https://doi.org/10.5296/jas.v9i1.17997 Acesso em: 07 mar., 2022.

ODATACLOCATION. **Green data centers: Definition, benefits and examples**. Disponível em: https://odatacolocation.com/en/blog/green-data-centers/. Acesso em: 23 jun. 2025.

OKEKE, E. S. *et al*. A review of heavy metal risks around e-waste sites and comparable municipal dumpsites in major African cities: Recommendations and future perspectives. **Toxicology**, v. 501, p. 153711–153711, 19 dez. 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X23002986. Acesso em: 21 jun. 2025.

PADILHA NETO, A. de S; SANTOS, M. H. L. C; PACHECO, C. S. G. R; SANTOS, J. M. dos; Bomfim, L. S. V. A ECOLOGIA HUMANA E (DES)UMANIDADE: DA PESCA INSUSTENTÁVEL AOS RESÍDUOS PLÁSTICOS. ***In:*** **MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CONCEPÇÕES, FUNDAMENTOS, TEORIAS E PRÁTICAS MITIGADORAS.,** v. 1, n. 1, p. 14-44, 2023. Disponível em: A ECOLOGIA HUMANA E (DES)UMANIDADE: DA PESCA INSUSTENTÁVEL AOS RESÍDUOS PLÁSTICOS - Editora Científica Digital (editoracientifica.com.br) Acesso em: 07 jul., 2025.

POLLACK, T. A. Green, and Sustainable Information Technology: A Foundation for Students**.** **ASCUE**, 2008, Proceedings**,** p. 63-72, 2008.

SEBRAE. **TI Verde: conceitos e práticas.** 2016. Disponível em: http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/TI-Verde:-conceitos-e-pr%C3%A1 ticas Acesso em: 06 fev., 2022.

SYMANTEC. **Pesquisa nacional sobre TI Verde no Brasil**, 2023. Disponível em: https://www.symantec.com/green-it-research. Acesso em: 20 jun. 2025.

TEIXEIRA, S. **A era da computação verde**. Disponível em: http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_238522.shtml Acesso em: 05 fev., 2022.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2015. Disponível em: https://sdgs.un.org/2030agenda. Acesso em: 21 jun. 2025.

VIKTOR, M**.** Onde os eletrônicos vão morrer (e matar). **Revista Galileu.** Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI112900-17579,00-ONDE+OS+ELETR ONICOS+VAO+MORRER+E+MATAR.html Acesso em: 06 fev., 2022.

WCED – World Commission on Environment and Development. **Our Common Future.** Oxford: Oxford University Press, 1987.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Exposure to lead: health effects and management**. Geneva, 2022. Disponível em: https://www.who.int/publications. Acesso em: 26 jun. 2025.

ZHUK, A. Artificial Intelligence Impact on the Environment: Hidden Ecological Costs and Ethical-Legal Issues. **Journal of Digital Technologies and Law**, v. 1, n. 4, p. 932–954, 15 dez. 2023. Disponível em: https://www.lawjournal.digital/jour/article/view/303. Acesso em: 21 jun. 2025.