



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

GIOVANNI BRITO SAVIETO

PERSPECTIVAS DA AUDITORIA AMBIENTAL NO FUTURO

Sorocaba
2024

GIOVANNI BRITO SAVIETO

PERSPECTIVAS DA AUDITORIA AMBIENTAL NO FUTURO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba,
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Fábio Navarro Manfredini
Coorientador: Sandro Donnini Mancini

Sorocaba
2024

S267p

Saviato, Giovanni Brito

Perspectivas da auditoria ambiental no futuro / Giovanni Brito
Saviato. -- Sorocaba, 2024

42 f. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Fábio Navarro Manfredini

Coorientador: Sandro Donnini Mancini

1. Engenharia ambiental. 2. Auditoria ambiental. 3. Gestão
ambiental. 4. Sustentabilidade. 5. Tecnologia. I. Título.

GIOVANNI BRITO SAVIETO

PERSPECTIVAS DA AUDITORIA AMBIENTAL NO FUTURO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 04/12/2024

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 04 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo sustento que me concedeu durante toda minha vida, principalmente durante o período de realização desse curso.

Agradeço, também, aos meus pais e familiares que me acompanharam neste processo e caminharam junto comigo para que concluísse mais uma etapa importante da minha carreira.

Gostaria de agradecer também minha noiva por compartilhar cada momento ao meu lado, me auxiliando nos momentos difíceis e sendo companheira.

Aos meus amigos e professores que foram fundamentais em cada etapa para meu crescimento acadêmico e profissional.

RESUMO

A auditoria ambiental é uma ferramenta fundamental na promoção da sustentabilidade, sendo responsável por avaliar a conformidade de processos, atividades e práticas empresariais com as normas e regulamentos ambientais vigentes. Com o crescente foco em questões ambientais, a importância dessa auditoria tende a aumentar, especialmente em um cenário de intensificação das mudanças climáticas e pressões por parte da sociedade e dos governos para que as empresas adotem práticas sustentáveis. Diante do exposto, este trabalho visa analisar as perspectivas futuras da auditoria ambiental, à luz das transformações tecnológicas e das novas demandas regulatórias. Utilizou-se como metodologia uma revisão de literatura, abrangendo estudos e publicações acadêmicas dos últimos cinco anos que abordam a evolução e os desafios da auditoria ambiental. Os resultados sugerem que a introdução de tecnologias emergentes, como inteligência artificial, análise de big data, sensoriamento remoto e drones, irá revolucionar o campo das auditorias ambientais, permitindo maior precisão na coleta de dados, análise em tempo real e a capacidade de identificar e corrigir problemas antes que se tornem críticos. As auditorias também deverão evoluir de um processo reativo e obrigatório para uma abordagem preventiva e voluntária, na qual as empresas busquem constantemente melhorar suas práticas ambientais, visando ir além da conformidade legal. Conclui-se que, no futuro, a auditoria ambiental será um elemento chave nas estratégias corporativas, contribuindo para a competitividade e a transição para uma economia verde. Esse cenário exige a formação de profissionais altamente qualificados e o desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas que integrem dados ambientais de maneira eficaz e dinâmica.

Palavras-chave: Conformidade. Gestão Ambiental. Inovação. Sustentabilidade. Tecnologia.

ABSTRACT

Environmental auditing is a fundamental tool in promoting sustainability, as it is responsible for evaluating the compliance of business processes, activities, and practices with existing environmental laws and regulations. With the growing focus on environmental issues, the importance of this audit is expected to increase, especially in a scenario of intensifying climate change and pressures from society and governments for companies to adopt sustainable practices. In light of this, this paper aims to analyze the future perspectives of environmental auditing, considering technological transformations and new regulatory demands. The methodology used was a literature review, covering studies and academic publications from the last five years that address the evolution and challenges of environmental auditing. The results suggest that the introduction of emerging technologies, such as artificial intelligence, big data analysis, remote sensing, and drones, will revolutionize the field of environmental audits, allowing for greater accuracy in data collection, real-time analysis, and the ability to identify and correct problems before they become critical. Audits will also need to evolve from a reactive and mandatory process to a preventive and voluntary approach, where companies continuously seek to improve their environmental practices, aiming beyond legal compliance. It is concluded that, in the future, environmental auditing will be a key element in corporate strategies, contributing to competitiveness and the transition to a green economy. This scenario requires the training of highly qualified professionals and the development of new technological tools that effectively and dynamically integrate environmental data.

Keywords: *Compliance. Environmental Management. Innovation. Sustainability. Technology.*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	A IMPORTÂNCIA DA AUDITORIA AMBIENTAL NA GESTÃO SUSTENTÁVEL.....	12
2.2	TECNOLOGIAS EMERGENTES APLICADAS À AUDITORIA AMBIENTAL.....	17
2.3	DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A AUDITORIA AMBIENTAL.....	24
3.	METODOLOGIA	31
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A auditoria ambiental, enquanto ferramenta de gestão, surge como um mecanismo indispensável para promover a sustentabilidade nas organizações e garantir a conformidade com as legislações ambientais vigentes. Seu papel vai além da simples verificação do cumprimento de normas, assumindo uma função estratégica no planejamento e controle de impactos ambientais. A auditoria ambiental visa avaliar processos internos, identificar falhas e propor soluções que contribuam para a mitigação de danos ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que promove a eficiência operacional e o uso responsável de recursos naturais (Fróes *et al.*, 2024).

No contexto global, as questões ambientais tem ganhado relevância crescente, impulsionadas pelos desafios das mudanças climáticas e pelas exigências da sociedade por práticas empresariais mais sustentáveis. Essa nova realidade coloca as auditorias ambientais em uma posição central nas estratégias corporativas. Modelos e ferramentas de gestão ambiental, como os discutidos por Júnior e Demajorovic (2020), são cada vez mais utilizados para garantir a sustentabilidade nas operações das empresas, alinhando-se às demandas do mercado por responsabilidade socioambiental.

A adoção de práticas de auditoria ambiental é uma resposta às pressões regulatórias e sociais que exigem das empresas maior transparência e compromisso com o meio ambiente. O conceito de desenvolvimento sustentável, que busca equilibrar o crescimento econômico com a preservação ambiental e a justiça social, está no cerne das auditorias ambientais. Segundo Souza e Silva (2023), práticas como ESG (*Environmental, Social and Governance*) têm sido implementadas em diversas organizações como instrumentos para enfrentar a questão ambiental e atender às expectativas de investidores e consumidores.

O avanço tecnológico também desempenha um papel fundamental na evolução das auditorias ambientais. Tecnologias emergentes, como inteligência artificial, blockchain e sistemas de monitoramento inteligentes, têm transformado a maneira como as auditorias são conduzidas, proporcionando maior precisão e eficiência no processo de avaliação ambiental. Giamberardino, Gadda e Nagalli (2024) exploram o uso da tecnologia *blockchain* nas contratações públicas sustentáveis, destacando seu potencial para garantir transparência e rastreabilidade em projetos de infraestrutura, como obras rodoviárias.

Essa revolução tecnológica está transformando não apenas a forma como as auditorias ambientais são realizadas, mas também os próprios parâmetros de avaliação. Sistemas de monitoramento inteligentes, como os discutidos por Ani *et al.* (2024), permitem a coleta de

dados em tempo real, aumentando a capacidade de identificar e corrigir problemas antes que eles se tornem críticos. A automação e a análise de dados, integradas ao processo de auditoria, proporcionam maior eficiência, reduzindo custos e aprimorando a tomada de decisões em tempo hábil.

Contudo, a introdução de novas tecnologias na auditoria ambiental também traz desafios. A dualidade entre o humano e o algoritmo, abordada por Tiron-Tudor e Deliu (2022), revela a complexidade das interações entre o auditor e os sistemas automatizados, exigindo uma reflexão sobre o papel do auditor humano e a confiabilidade dos sistemas baseados em algoritmos. Embora essas tecnologias ofereçam inúmeros benefícios, elas também levantam questões éticas e de responsabilidade, especialmente no que diz respeito à tomada de decisões baseadas exclusivamente em dados automatizados.

No Brasil, a auditoria ambiental enfrenta desafios específicos relacionados às suas particularidades regulatórias e estruturais. Araujo e Farias Filho (2023) discutem a função regulatória das auditorias, destacando as perspectivas de futuro em um cenário de evolução constante das normas ambientais e de maior exigência por parte dos órgãos reguladores. Esse contexto exige das organizações uma adaptação contínua às mudanças legislativas e a busca por inovação nas práticas de auditoria, incorporando tecnologias que permitam uma gestão mais eficaz e integrada dos recursos ambientais.

Dentre os principais desafios da auditoria ambiental no Brasil, destaca-se a necessidade de aprimoramento das práticas de gestão e a criação de uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade. Como ressaltam Fróes *et al.* (2024), a implantação de sistemas de gestão ambiental nas empresas requer uma mudança profunda na forma como os processos são conduzidos, demandando a capacitação de profissionais e a sensibilização dos gestores para a importância da auditoria como ferramenta estratégica.

A problemática que emerge neste cenário é a seguinte: como garantir que as auditorias ambientais mantenham sua eficácia em um contexto de rápidas transformações tecnológicas e regulatórias? A implementação de novas tecnologias traz inegáveis vantagens, mas também implica na necessidade de adaptação contínua por parte dos profissionais e das organizações. Além disso, as mudanças nas legislações ambientais, que se tornam cada vez mais rigorosas, exigem que as auditorias não sejam meramente uma ferramenta reativa, mas sim um mecanismo proativo e preventivo. Justifica-se, portanto, a realização deste estudo pela necessidade de compreender como as auditorias ambientais podem se adaptar a esse novo panorama e contribuir para o fortalecimento da sustentabilidade nas organizações.

Diante do exposto, este estudo visa analisar as perspectivas futuras da auditoria ambiental, considerando os avanços tecnológicos e as novas demandas regulatórias. Especificamente, busca-se identificar os principais desafios enfrentados pelas organizações na implementação de auditorias ambientais, explorar o impacto das tecnologias emergentes nesse processo e propor soluções que possam contribuir para a evolução das auditorias no sentido de torná-las mais eficazes e alinhadas às necessidades do mercado e da sociedade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A IMPORTÂNCIA DA AUDITORIA AMBIENTAL NA GESTÃO SUSTENTÁVEL

A auditoria ambiental, enquanto ferramenta estratégica de gestão, desempenha um papel cada vez mais relevante no contexto organizacional, sobretudo em função da crescente pressão social, econômica e regulatória para que as empresas adotem práticas sustentáveis. Neste texto, iremos aprofundar os principais conceitos relacionados à auditoria ambiental, contextualizando sua importância para a gestão sustentável das organizações e apresentando um panorama de como essa prática tem evoluído, especialmente no Brasil, com a integração de novas tecnologias e modelos de conformidade ambiental.

A auditoria ambiental pode ser definida como um processo sistemático, documentado e objetivo, que visa avaliar a conformidade das atividades e processos de uma organização em relação às políticas ambientais, normas legais e padrões de desempenho estabelecidos (Ferigato *et al.*, 2020). Trata-se de uma avaliação detalhada dos impactos ambientais gerados pelas operações da empresa, com o objetivo de identificar possíveis não conformidades, propor melhorias e garantir que as práticas empresariais estejam alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável.

De acordo com Lopes *et al.* (2021), o conceito de auditoria ambiental pode ser expandido para incluir não apenas a verificação do cumprimento das normas e regulamentos ambientais, mas também a avaliação do desempenho ambiental da organização como um todo. Essa abordagem mais ampla permite que a auditoria ambiental se torne um instrumento estratégico de gestão, fornecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões e para a melhoria contínua das práticas ambientais.

Carvalho (2023) argumenta que a auditoria ambiental, no contexto brasileiro, deve ser compreendida à luz das exigências legais estabelecidas pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), que regulamenta os instrumentos de controle e fiscalização ambiental no país. Essas leis fornecem o arcabouço normativo necessário para que as auditorias ambientais sejam conduzidas de forma eficaz, garantindo que as empresas estejam em conformidade com os padrões ambientais exigidos.

Além de sua função regulatória, a auditoria ambiental também desempenha um papel importante na promoção da transparência e da responsabilidade corporativa. Empresas que realizam auditorias ambientais de forma regular podem demonstrar a seus *stakeholders* – incluindo investidores, consumidores e governos – que estão comprometidas com a gestão

sustentável de seus recursos e com a mitigação dos impactos ambientais de suas atividades (Ferigato *et al.*, 2020).

A auditoria ambiental no Brasil tem evoluído significativamente nas últimas décadas, acompanhando as mudanças na legislação ambiental e a crescente conscientização sobre a necessidade de práticas empresariais mais sustentáveis. Desde a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, o país tem avançado na criação de instrumentos regulatórios para o controle de atividades potencialmente poluidoras, incentivando a adoção de auditorias ambientais como uma ferramenta de gestão e conformidade (Carvalho, 2023).

De acordo com Carvalho (2023), a auditoria ambiental no Brasil ainda enfrenta alguns desafios significativos, especialmente no que diz respeito à sua aplicação em pequenas e médias empresas. Enquanto grandes corporações, principalmente aquelas com presença internacional, têm adotado auditorias ambientais como parte de suas estratégias de sustentabilidade, muitas pequenas e médias empresas ainda veem a auditoria ambiental como um processo oneroso e de difícil implementação.

Rangel e Fontoura (2022) destacam que, no estado do Rio de Janeiro, a implementação de auditorias ambientais compulsórias tem sido uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho ambiental das empresas. Em seus estudos de caso, os autores demonstram como a exigência de auditorias periódicas tem incentivado as empresas a adotar práticas mais rigorosas de controle ambiental, contribuindo para a redução dos passivos ambientais e para a mitigação dos impactos de suas operações.

Apesar dessas dificuldades, a auditoria ambiental tem se consolidado como uma prática cada vez mais importante no Brasil, não apenas em função das exigências legais, mas também como uma resposta às demandas do mercado por maior transparência e responsabilidade ambiental. Empresas que realizam auditorias ambientais de forma regular podem obter benefícios significativos, como a melhoria de sua reputação, o acesso a novos mercados e a redução de riscos legais e operacionais (Ferigato *et al.*, 2020).

A gestão sustentável, enquanto conceito, envolve a capacidade de uma organização operar de maneira equilibrada, levando em consideração não apenas o lucro econômico, mas também o impacto ambiental e social de suas atividades. Nesse sentido, a auditoria ambiental se destaca como uma ferramenta essencial para garantir que as empresas estejam adotando práticas que minimizem seus impactos ambientais e promovam o uso eficiente de recursos naturais (Lopes *et al.*, 2021).

Ferigato *et al.* (2020) argumentam que a auditoria ambiental é um instrumento estratégico dentro das organizações, uma vez que permite a implementação de políticas

ambientais efetivas, a avaliação de práticas empresariais e a melhoria contínua dos processos produtivos com base em critérios de sustentabilidade. Além disso, a auditoria ambiental proporciona uma análise detalhada do desempenho ambiental da empresa, permitindo a identificação de áreas críticas que precisam de ajustes e promovendo uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade.

A integração da auditoria ambiental às estratégias de ESG tem se tornado cada vez mais comum em organizações que buscam não apenas cumprir as exigências legais, mas também adotar práticas proativas de sustentabilidade. Segundo Souza e Silva (2023), o conceito de ESG tem ganhado destaque no mercado financeiro e entre investidores, que estão cada vez mais interessados em apoiar empresas que demonstrem um compromisso genuíno com a sustentabilidade. Nesse contexto, a auditoria ambiental emerge como uma ferramenta fundamental para garantir a transparência das práticas empresariais e para avaliar se as empresas estão realmente alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Existem diferentes modelos e ferramentas de auditoria ambiental que podem ser aplicados nas organizações, dependendo de seu porte, setor de atuação e dos objetivos da auditoria. Entre os modelos mais amplamente utilizados, destaca-se o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que segue as diretrizes da NBR ISO 14.001:2015, um padrão internacional que estabelece requisitos para a implementação de sistemas de gestão ambiental (Ferigato *et al.*, 2020).

A NBR ISO 14.001:2015 é uma ferramenta amplamente reconhecida para a realização de auditorias ambientais, uma vez que fornece uma estrutura que pode ser adaptada a diferentes tipos de organizações, permitindo que elas melhorem continuamente seu desempenho ambiental. A auditoria ambiental baseada na NBR ISO 14.001:2015 segue a metodologia denominada ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA): fase de planejamento para estabelecer os objetivos ambientais e processos necessários para alcançá-los (*Plan*), fase de implementação dos processos (*Do*), fase de monitoramento e coleta de dados para verificação do cumprimento dos compromissos acordados (*Check*) e fase prática para implementar melhorias contínuas (*Act*), garantindo que as empresas estejam sempre avaliando e melhorando suas práticas ambientais (Lopes *et al.*, 2021).

Além dos modelos baseados em normas internacionais, também existem ferramentas tecnológicas avançadas que estão revolucionando o campo da auditoria ambiental. A utilização de big data, sensoriamento remoto e inteligência artificial tem permitido que as auditorias sejam conduzidas com maior precisão e eficiência, fornecendo dados em tempo real sobre o

desempenho ambiental das empresas e permitindo a identificação de problemas antes que eles se tornem críticos (Carvalho, 2023).

Segundo Pacheco e Augusto (2021), uma das principais inovações no campo da auditoria ambiental é o uso de drones para monitoramento ambiental. Esses dispositivos permitem a coleta de dados precisos sobre áreas de difícil acesso, como florestas e rios, e tem sido amplamente utilizados em auditorias de setores como mineração e agronegócio. O uso de drones, aliado à análise de big data, permite que as auditorias ambientais sejam conduzidas de forma mais eficiente, reduzindo custos e aumentando a capacidade de identificar problemas em tempo hábil.

Um dos principais objetivos da auditoria ambiental é garantir que as empresas estejam em conformidade com as normas e regulamentos ambientais vigentes. No Brasil, o arcabouço regulatório que orienta a auditoria ambiental é composto por uma série de leis e decretos que estabelecem os padrões de controle ambiental a serem seguidos pelas organizações (Carvalho, 2023). Entre essas normas, destaca-se a Resolução CONAMA 306/2002, que estabelece critérios específicos para o licenciamento ambiental, promovendo uma gestão e disposição adequada dos resíduos sólidos gerados no processo industrial. Esta resolução está aliada à auditoria ambiental uma vez que estabelece um monitoramento e controle do processo, a responsabilização pelo tratamento e disposição de rejeitos e prevê penalidades em casos de descumprimento.

De acordo com Pacheco e Augusto (2021), a auditoria de conformidade ambiental tem se mostrado uma ferramenta eficaz para assegurar que as empresas estejam cumprindo suas obrigações legais e para evitar possíveis penalidades decorrentes de infrações ambientais. Além disso, a auditoria de conformidade também permite que as empresas identifiquem áreas em que podem melhorar suas práticas de gestão ambiental, contribuindo para a redução de passivos ambientais e para a mitigação dos impactos de suas atividades.

Rangel e Fontoura (2022) destacam que a auditoria ambiental compulsória, imposta a empresas de setores de alto impacto, tem cumprido um papel importante na melhoria do desempenho ambiental das organizações. Essa modalidade de auditoria, exigida por lei, obriga as empresas a realizar auditorias periódicas para avaliar se estão em conformidade com as normas ambientais. Em muitos casos, a exigência de auditorias compulsórias tem incentivado as empresas a adotarem práticas mais rigorosas de controle ambiental, contribuindo para a redução de emissões de poluentes e para o uso mais eficiente dos recursos naturais.

O desenvolvimento sustentável é um conceito que se refere à capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem

suas próprias necessidades. Nesse sentido, a auditoria ambiental é uma ferramenta fundamental para garantir que as empresas operem de maneira sustentável, minimizando seus impactos ambientais e promovendo o uso racional dos recursos naturais (Lopes *et al.*, 2021).

Souza e Silva (2023) argumentam que a auditoria ambiental, ao ser integrada às estratégias de sustentabilidade das empresas, permite que estas avaliem continuamente o impacto de suas operações no meio ambiente e identifiquem áreas em que podem melhorar suas práticas. A auditoria ambiental oferece uma visão detalhada do desempenho ambiental da organização, permitindo que ela tome decisões mais informadas e responsáveis, contribuindo para a sustentabilidade a longo prazo.

Além disso, a auditoria ambiental desempenha um papel importante na promoção da transparência e da responsabilidade social corporativa. Empresas que realizam auditorias ambientais de forma regular podem demonstrar a seus *stakeholders* – incluindo investidores, consumidores e governos – que estão comprometidas com a gestão sustentável de seus recursos e com a mitigação dos impactos ambientais de suas atividades (Carvalho, 2023).

A auditoria ambiental é uma ferramenta indispensável para garantir que as empresas operem de maneira sustentável, minimizando os impactos ambientais de suas atividades e promovendo o desenvolvimento responsável. Por meio da auditoria, as organizações podem avaliar continuamente seu desempenho ambiental, identificar oportunidades de melhoria e assegurar que estão em conformidade com as normas e regulamentos vigentes. No entanto, sua eficácia depende de uma série de fatores, incluindo o compromisso das empresas em adotar práticas sustentáveis e a capacidade dos profissionais de auditoria de implementar soluções eficazes e inovadoras.

2.2 TECNOLOGIAS EMERGENTES APLICADAS À AUDITORIA AMBIENTAL

Com o avanço das inovações tecnológicas e a crescente demanda por práticas empresariais mais sustentáveis, a auditoria ambiental tem passado por transformações significativas. Tecnologias emergentes, como *big data*, inteligência artificial (IA), *blockchain*, drones e sensoriamento remoto, estão revolucionando a forma como os processos de auditoria são conduzidos. Essas inovações tem permitido maior precisão, eficiência e transparência nas auditorias ambientais, além de possibilitarem um controle mais rigoroso dos impactos ambientais. Neste tópico, exploraremos como essas tecnologias estão sendo aplicadas nas auditorias ambientais, suas vantagens e os desafios enfrentados em sua implementação.

O *big data*, caracterizado pela capacidade de processar grandes volumes de dados em alta velocidade e variedade, tem se tornado uma ferramenta essencial na condução de auditorias ambientais. Com a crescente digitalização das operações empresariais e o uso massivo de sensores e dispositivos de monitoramento ambiental, as empresas tem à disposição uma vasta quantidade de dados que, quando corretamente analisados, podem fornecer *insights* valiosos sobre o desempenho ambiental e ajudar a identificar riscos antes que eles se tornem críticos (Battistelli e Jeranoski, 2024).

A aplicação do *big data* na auditoria ambiental permite a coleta de dados de diversas fontes, como sensores ambientais, satélites, sistemas de monitoramento de qualidade do ar e da água, e até mesmo dados meteorológicos. Esses dados são processados em tempo real, permitindo uma avaliação contínua do impacto ambiental das atividades empresariais. De acordo com Nóbrega *et al.* (2020), essa capacidade de analisar grandes volumes de dados de forma rápida e eficaz tem transformado as auditorias ambientais, tornando-as mais proativas e menos dependentes de avaliações pontuais.

Além disso, o *big data* permite a criação de modelos preditivos que ajudam as empresas a antecipar riscos ambientais com base em dados históricos e tendências futuras. Por exemplo, uma indústria que utiliza grandes volumes de água pode monitorar o consumo em tempo real e prever períodos de escassez hídrica, permitindo que medidas corretivas sejam tomadas antes que o problema se agrave. Esse tipo de abordagem preventiva é fundamental para garantir a sustentabilidade a longo prazo e reduzir os impactos ambientais das operações empresariais (Silva *et al.*, 2024).

Outra aplicação importante do *big data* nas auditorias ambientais é a capacidade de identificar padrões de comportamento que possam indicar falhas no sistema de gestão ambiental de uma empresa. Ao analisar dados como emissões de poluentes, consumo de energia e geração

de resíduos, as auditorias podem detectar desvios em relação aos padrões estabelecidos e recomendar ações corretivas. O uso de *big data* também facilita a comparação entre diferentes períodos de tempo, permitindo que as empresas monitorem a eficácia das medidas adotadas e façam ajustes conforme necessário (Battistelli e Jeranoski, 2024).

No entanto, a implementação do *big data* nas auditorias ambientais também enfrenta desafios significativos, como a necessidade de infraestrutura tecnológica avançada e a capacitação de profissionais especializados. Muitas empresas, especialmente as de pequeno e médio porte, ainda enfrentam dificuldades para integrar sistemas de *big data* em suas operações e obter os recursos necessários para processar e analisar grandes volumes de dados de maneira eficaz (Nóbrega *et al.*, 2020).

A inteligência artificial e a automação tem se mostrado ferramentas promissoras para a auditoria ambiental, permitindo análises mais detalhadas e rápidas, além de reduzir a intervenção humana em atividades repetitivas e propensas a erros. A IA, por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, pode processar grandes volumes de dados de forma eficiente, identificando padrões e anomalias que podem indicar problemas ambientais (Silva *et al.*, 2024).

Uma das principais aplicações da IA nas auditorias ambientais é a análise preditiva, que permite prever eventos adversos com base em dados históricos e em tempo real. Por exemplo, em áreas sujeitas a desastres naturais, como inundações ou deslizamentos de terra, os algoritmos de IA podem analisar dados climáticos, geológicos e hidrológicos para prever quando esses eventos podem ocorrer e como podem afetar as operações empresariais. Com essas previsões, as empresas podem tomar medidas preventivas para minimizar os impactos ambientais e garantir a continuidade das operações de forma sustentável (Battistelli e Jeranoski, 2024).

A automação de processos também tem sido um fator chave para aumentar a eficiência das auditorias ambientais. Com o uso de sistemas automatizados, é possível realizar a coleta de dados ambientais de forma contínua, sem a necessidade de intervenção humana. Isso é particularmente útil em operações de larga escala, como na indústria de mineração ou petróleo e gás, onde o monitoramento de áreas extensas e de difícil acesso é um desafio. Com sensores automatizados, os dados são coletados em tempo real e enviados para sistemas de análise, que identificam imediatamente qualquer desvio dos padrões estabelecidos (Nóbrega *et al.*, 2020).

Além disso, a IA pode ser utilizada para automatizar a análise de imagens de satélite e dados de sensoriamento remoto, permitindo a identificação de mudanças ambientais em grandes áreas geográficas. Isso é particularmente útil em auditorias que envolvem atividades como desmatamento, erosão do solo ou mudanças na cobertura vegetal. Com a IA, essas

mudanças podem ser detectadas rapidamente, permitindo que as auditorias sejam mais eficazes e que as empresas adotem medidas corretivas de forma proativa (Silva *et al.*, 2024).

Um exemplo prático do uso da IA em auditorias ambientais é a sua aplicação no monitoramento da qualidade do ar. Em grandes centros urbanos ou áreas industriais, os sensores de qualidade do ar podem ser integrados a sistemas de IA que analisam as variações nas concentrações de poluentes, como dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas em suspensão. A partir desses dados, a IA pode gerar alertas automáticos para que as empresas tomem medidas imediatas para reduzir as emissões e evitar a violação de normas ambientais (Battistelli e Jeranoski, 2024).

No entanto, assim como no caso do *big data*, a adoção de IA e automação nas auditorias ambientais enfrenta desafios, como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a capacitação de profissionais. Além disso, a implementação de IA requer investimentos significativos em desenvolvimento de algoritmos e em sistemas de monitoramento, o que pode ser um obstáculo para empresas menores (Nóbrega *et al.*, 2020).

A tecnologia *blockchain*, conhecida por seu uso em criptomoedas como o *Bitcoin*, tem aplicações promissoras em auditorias ambientais, especialmente no que diz respeito à transparência e rastreabilidade dos dados. O *blockchain* é uma tecnologia de registro distribuído que garante que todas as transações e alterações de dados sejam armazenadas de forma imutável em um sistema descentralizado, o que torna virtualmente impossível a manipulação ou falsificação de informações (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

No contexto das auditorias ambientais, o *blockchain* pode ser utilizado para registrar todas as transações relacionadas ao desempenho ambiental de uma empresa, como o monitoramento de emissões de carbono, consumo de energia, utilização de recursos hídricos e geração de resíduos. Esses dados são registrados em um livro-razão digital, que é compartilhado entre todas as partes interessadas, incluindo auditores, órgãos reguladores, investidores e consumidores (Silva *et al.*, 2024). Isso garante que os dados sejam acessíveis e verificáveis por qualquer parte interessada, promovendo a transparência e a confiança nos resultados da auditoria.

Uma das principais vantagens do *blockchain* é a sua capacidade de rastrear a cadeia de suprimentos de produtos de forma transparente, desde a extração de matéria-prima até o descarte final. Isso é particularmente útil em auditorias de setores como a construção civil, onde é necessário garantir que todos os materiais utilizados em um projeto estejam em conformidade com as normas ambientais (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021). Ao utilizar o *blockchain*, as

empresas podem monitorar toda a cadeia de valor, garantindo que cada etapa do processo esteja alinhada com os padrões ambientais estabelecidos.

Outro benefício do uso do *blockchain* nas auditorias ambientais é a sua capacidade de garantir a integridade dos dados coletados. Em auditorias tradicionais, os dados podem ser manipulados ou corrompidos durante o processo de coleta e análise, comprometendo a precisão dos resultados. Com o *blockchain*, todos os dados são registrados de forma imutável, o que elimina a possibilidade de alterações não autorizadas. Isso aumenta a confiabilidade dos resultados da auditoria e facilita o cumprimento das regulamentações ambientais (Silva *et al.*, 2024).

Giamberardino *et al.* (2024) destacam que a aplicação do *blockchain* em projetos de infraestrutura, como obras rodoviárias e de grande porte, tem se mostrado eficaz para garantir a conformidade ambiental e a transparência nos processos de auditoria. Ao registrar todas as transações em um sistema descentralizado, o *blockchain* permite que os auditores e outras partes interessadas acompanhem de perto todas as etapas do projeto e identifiquem eventuais desvios em tempo real.

Apesar das vantagens, a implementação do *blockchain* nas auditorias ambientais ainda enfrenta desafios. Um dos principais obstáculos é a necessidade de infraestrutura tecnológica avançada para suportar o uso dessa tecnologia, além da capacitação de profissionais que entendam como aplicá-la corretamente. Além disso, a natureza descentralizada do *blockchain* pode levantar preocupações sobre a privacidade dos dados, especialmente em setores onde informações confidenciais estão envolvidas (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

O sensoriamento remoto e o uso de drones tem revolucionado a forma como as auditorias ambientais são conduzidas, permitindo o monitoramento de grandes áreas geográficas com rapidez e precisão. O sensoriamento remoto utiliza satélites e outros dispositivos para coletar dados ambientais de forma contínua, enquanto os drones podem ser utilizados para capturar imagens de alta resolução e dados sobre áreas de difícil acesso, como florestas, montanhas e zonas de mineração (Romano *et al.*, 2024).

De acordo com Moraes *et al.* (2023), o uso de drones nas auditorias ambientais tem se mostrado particularmente eficaz para o monitoramento de atividades que envolvem grandes áreas, como o desmatamento, a exploração de recursos naturais e a agricultura. Os drones podem sobrevoar essas áreas e capturar imagens detalhadas, permitindo que os auditores identifiquem mudanças na cobertura vegetal, erosão do solo e outras alterações que possam indicar violações das normas ambientais.

O sensoriamento remoto, por sua vez, permite que as auditorias ambientais sejam realizadas em larga escala, sem a necessidade de visitas físicas ao local. Isso é particularmente útil em operações industriais que abrangem grandes áreas geográficas, onde o monitoramento de todas as atividades seria logisticamente inviável. Com o uso de satélites e sensores, é possível coletar dados sobre a qualidade da água, a cobertura vegetal e o uso do solo, facilitando a detecção de problemas ambientais e a implementação de medidas corretivas (Romano *et al.*, 2024).

Uma das principais vantagens do uso de drones e sensoriamento remoto é a capacidade de realizar auditorias ambientais em áreas perigosas ou inacessíveis para os auditores humanos. Por exemplo, em áreas afetadas por desastres naturais, como inundações ou terremotos, os drones podem ser utilizados para avaliar os danos e coletar dados sem colocar os auditores em risco. Isso aumenta a segurança dos profissionais envolvidos e permite que as auditorias sejam realizadas de forma mais eficiente (Moraes *et al.*, 2023).

Além disso, o uso de drones e sensoriamento remoto permite a coleta de dados em tempo real, o que facilita a identificação de problemas e a adoção de medidas corretivas imediatas. Por exemplo, em uma auditoria ambiental de uma mina, os drones podem monitorar continuamente a área e identificar qualquer sinal de erosão do solo ou contaminação da água, permitindo que as medidas corretivas sejam tomadas antes que os danos se tornem irreversíveis (Romano *et al.*, 2024).

No entanto, assim como outras tecnologias emergentes, o uso de drones e sensoriamento remoto nas auditorias ambientais também enfrenta desafios, como o custo elevado dos equipamentos e a necessidade de capacitação técnica dos profissionais. Além disso, o uso de drones está sujeito a regulamentações específicas, o que pode limitar sua aplicação em determinadas áreas (Moraes *et al.*, 2023).

A modelagem e simulação são ferramentas que tem ganhado destaque nas auditorias ambientais, permitindo que as empresas antecipem os impactos de suas operações e simulem diferentes cenários antes de implementá-las. Essas tecnologias utilizam dados reais para criar modelos computacionais que simulam os impactos ambientais de diferentes atividades empresariais, permitindo que os gestores avaliem possíveis consequências e ajustem suas estratégias de acordo (Silva *et al.*, 2024).

Segundo Nóbrega *et al.* (2020), a modelagem computacional é especialmente útil em auditorias de projetos de grande escala, como a construção de barragens, estradas e outras obras de infraestrutura. Ao simular diferentes cenários, as empresas podem prever como suas operações afetarão o meio ambiente e adotar medidas para mitigar esses impactos antes mesmo

de iniciar o projeto. Isso garante maior conformidade com as normas ambientais e reduz os riscos de danos ambientais a longo prazo.

Além disso, a modelagem e simulação permitem avaliar a eficácia das medidas corretivas recomendadas durante as auditorias. Por exemplo, se uma empresa implementa um novo sistema de gestão de resíduos, a modelagem computacional pode ser utilizada para simular como essa mudança afetará a quantidade de resíduos gerados e o impacto ambiental ao longo do tempo. Com esses dados, os gestores podem avaliar se as medidas corretivas estão funcionando como esperado e fazer ajustes, se necessário (Silva *et al.*, 2024).

A modelagem também permite que as empresas simulem o impacto de eventos climáticos extremos, como enchentes ou secas, em suas operações. Isso é particularmente útil para empresas que operam em áreas sujeitas a condições climáticas adversas, permitindo que elas se preparem para esses eventos e adotem medidas preventivas para mitigar os impactos ambientais. A simulação de cenários futuros também ajuda as empresas a identificar vulnerabilidades em seus sistemas de gestão ambiental e a melhorar suas estratégias de longo prazo (Romano *et al.*, 2024).

No entanto, a implementação de tecnologias de modelagem e simulação em auditorias ambientais também apresenta desafios, como o custo elevado dos *softwares* e a necessidade de profissionais altamente qualificados para operá-los. Além disso, a precisão dos modelos depende da qualidade dos dados utilizados, o que pode ser um problema em áreas com pouca disponibilidade de dados ambientais confiáveis (Nóbrega *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios significativos trazidos pelas tecnologias emergentes nas auditorias ambientais, a sua implementação ainda enfrenta diversos desafios. Um dos principais obstáculos é o alto custo inicial de implantação dessas tecnologias, especialmente para pequenas e médias empresas. Muitas dessas tecnologias, como IA, *blockchain* e drones, exigem investimentos substanciais em infraestrutura tecnológica e capacitação de pessoal, o que pode ser proibitivo para empresas com orçamentos limitados (Battistelli e Jeranoski, 2024).

Outro desafio é a falta de capacitação técnica entre os profissionais que realizam as auditorias ambientais. A adoção de tecnologias emergentes requer habilidades especializadas, e muitas empresas não possuem equipes qualificadas para operar essas ferramentas de forma eficaz. Isso pode limitar o impacto positivo dessas tecnologias nas auditorias ambientais e dificultar sua implementação em larga escala (Silva *et al.*, 2024).

Além disso, a integração dessas tecnologias em auditorias ambientais também exige uma infraestrutura robusta de tecnologia da informação (TI). A coleta e análise de grandes volumes de dados, por exemplo, dependem de sistemas de TI avançados e de uma conectividade

confiável, o que pode ser um desafio em regiões com pouca infraestrutura tecnológica. A falta de interoperabilidade entre diferentes sistemas também pode ser um obstáculo, dificultando a integração de dados de diferentes fontes (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

Outro desafio significativo é a regulamentação dessas tecnologias. O uso de drones, por exemplo, está sujeito a leis e regulamentos específicos que variam de país para país, o que pode limitar sua aplicação em determinadas áreas. Da mesma forma, o uso do *blockchain* pode levantar preocupações sobre a privacidade dos dados, especialmente em setores onde informações confidenciais estão envolvidas. Esses desafios regulatórios podem atrasar a adoção dessas tecnologias e dificultar sua implementação em auditorias ambientais (Moraes *et al.*, 2023).

As tecnologias emergentes, como *big data*, IA, *blockchain*, drones e sensoriamento remoto, estão transformando a forma como as auditorias ambientais são realizadas, oferecendo novas oportunidades para melhorar a precisão, eficiência e transparência do processo de auditoria. Essas inovações permitem que as empresas realizem auditorias mais eficazes, identifiquem problemas ambientais com maior antecedência e adotem medidas corretivas de forma mais ágil.

No entanto, apesar das vantagens significativas dessas tecnologias, sua implementação ainda enfrenta desafios, como o alto custo, a falta de capacitação e as barreiras regulatórias. À medida que essas tecnologias continuam a evoluir, espera-se que se tornem mais acessíveis e amplamente adotadas, permitindo que empresas de todos os tamanhos realizem auditorias ambientais mais eficazes e proativas.

Com a crescente importância das auditorias ambientais para a sustentabilidade empresarial e a conformidade legal, é essencial que as empresas invistam em novas tecnologias e capacitem suas equipes para utilizar essas ferramentas de forma eficaz. À medida que o mundo se torna mais digital e as questões ambientais ganham ainda mais relevância, o uso de tecnologias emergentes nas auditorias ambientais será fundamental para garantir a sustentabilidade e o cumprimento das metas ambientais a longo prazo.

2.3 DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A AUDITORIA AMBIENTAL

A auditoria ambiental é uma ferramenta essencial na promoção da sustentabilidade e na garantia de que as atividades empresariais e governamentais estejam em conformidade com as regulamentações ambientais e compromissos de desenvolvimento sustentável. Com o aumento da conscientização global sobre a crise climática e a pressão para que as empresas e governos implementem práticas ambientalmente responsáveis, as auditorias ambientais tem ganhado destaque como um mecanismo de controle e avaliação. No entanto, as auditorias ambientais enfrentam uma série de desafios relacionados à regulamentação, implementação tecnológica e capacidade institucional. Este tópico aprofunda os principais desafios e as tendências futuras que influenciarão a auditoria ambiental nas próximas décadas.

A base regulatória para as auditorias ambientais é complexa e variada, especialmente em países com múltiplas camadas de governança, como o Brasil. As regulamentações ambientais são desenvolvidas em diferentes níveis (municipal, estadual e federal), o que pode levar a sobreposição de normas e falta de padronização, criando ineficiências no processo de auditoria (Albuquerque *et al.*, 2022). Em muitos casos, as empresas e os auditores ambientais precisam navegar por um emaranhado de regulamentações que podem variar significativamente dependendo da jurisdição. Esse ambiente regulatório fragmentado dificulta a aplicação uniforme de auditorias ambientais e pode levar à incerteza e à ineficácia em algumas regiões.

Além disso, a falta de padronização das normas de auditoria ambiental pode gerar discrepâncias nos métodos e práticas adotados por diferentes empresas e órgãos reguladores. A padronização é fundamental para garantir que os resultados das auditorias sejam comparáveis e que os processos sejam conduzidos de maneira justa e transparente. No entanto, como apontado por Mattei *et al.* (2021), a ausência de um marco normativo claro e harmonizado continua sendo um desafio significativo em muitos países.

No contexto dos Tribunais de Contas, como discutido por Albuquerque *et al.* (2022), as auditorias operacionais ambientais são um meio importante de fiscalização do cumprimento das políticas públicas e de monitoramento da gestão ambiental. No entanto, muitos desses tribunais enfrentam desafios significativos em termos de modernização e capacidade de implementação de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial e a análise de grandes volumes de dados (*big data*). Além disso, há uma necessidade crescente de capacitar auditores para lidar com as novas ferramentas tecnológicas que estão sendo introduzidas no campo das auditorias ambientais.

Outro desafio relacionado ao contexto regulatório e institucional é a aplicação das recomendações geradas pelas auditorias ambientais. Embora os relatórios de auditoria identifiquem não conformidades e recomendem ações corretivas, a implementação dessas recomendações muitas vezes depende da cooperação das empresas e do compromisso dos órgãos reguladores em monitorar o cumprimento das mesmas. Nos países em desenvolvimento, essa questão é particularmente problemática, já que a falta de capacidade institucional e de recursos financeiros pode dificultar o acompanhamento efetivo das ações corretivas (Queiroz e Fialho, 2021).

Accountability e transparência são pilares fundamentais das auditorias ambientais eficazes. A auditoria ambiental, além de ser uma ferramenta técnica para monitorar e avaliar o desempenho ambiental das empresas, é também um mecanismo de controle social e prestação de contas. A transparência nos processos de auditoria é essencial para garantir que as partes interessadas, como a sociedade civil, investidores, reguladores e os próprios consumidores, possam acessar informações confiáveis e precisas sobre o desempenho ambiental das empresas (Queiroz e Fialho, 2021).

A implementação de mecanismos de *accountability* nas auditorias ambientais tem sido impulsionada pela demanda por maior responsabilidade corporativa, especialmente no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 16, que visa promover sociedades mais justas, pacíficas e inclusivas, com forte ênfase na transparência e *accountability* (Queiroz e Fialho, 2021). Esse princípio é especialmente relevante no setor público, onde a *accountability* está diretamente relacionada à boa governança e ao cumprimento das políticas ambientais. Em muitos países, o aumento da pressão para que as administrações públicas sejam mais transparentes e responsáveis tem resultado em um maior escrutínio das auditorias ambientais, particularmente no que diz respeito à implementação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade.

A aplicação de novas tecnologias, como o *blockchain*, tem sido vista como uma solução promissora para aumentar a transparência nas auditorias ambientais (Desplebin *et al.*, 2021). O *blockchain* é uma tecnologia de registro distribuído que permite o armazenamento imutável de dados, o que significa que todas as transações e alterações de dados podem ser monitoradas e verificadas por todas as partes interessadas. No contexto das auditorias ambientais, o *blockchain* pode ser usado para registrar todas as etapas de um processo de auditoria, desde a coleta de dados até a emissão de relatórios, garantindo que os dados não sejam manipulados ou corrompidos. Isso oferece um nível sem precedentes de transparência e confiança no processo de auditoria.

No entanto, a implementação do *blockchain* nas auditorias ambientais ainda está em fase inicial e enfrenta uma série de desafios. A adoção dessa tecnologia requer uma infraestrutura tecnológica robusta, além de capacitação técnica por parte dos auditores e das empresas. Além disso, a aceitação e a confiança nas tecnologias baseadas em *blockchain* ainda precisam ser amplamente difundidas para que possam se tornar uma prática comum no campo das auditorias ambientais (Desplebin *et al.*, 2021).

O uso de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e a automação, está revolucionando a forma como as auditorias ambientais são conduzidas e abrindo novas perspectivas para o futuro da gestão ambiental. A IA, em particular, permite que grandes volumes de dados ambientais sejam processados e analisados de forma eficiente, identificando padrões, anomalias e tendências que podem ser difíceis de detectar por meios convencionais (Oliveira *et al.*, 2024). A automação, por outro lado, facilita a coleta e análise de dados em tempo real, permitindo que as auditorias sejam realizadas de maneira mais ágil e precisa.

No contexto das auditorias ambientais, a IA pode ser aplicada de diversas maneiras. Uma das principais aplicações é a auditoria preditiva, na qual algoritmos de aprendizado de máquina analisam dados históricos e em tempo real para prever potenciais riscos ambientais antes que eles se concretizem. Isso permite que as empresas adotem uma abordagem proativa à gestão ambiental, implementando medidas preventivas com base nas previsões geradas pela IA (Oliveira *et al.*, 2024). Por exemplo, uma empresa de mineração pode usar IA para prever possíveis falhas em barragens de rejeitos com base em dados geotécnicos e ambientais, permitindo que as medidas corretivas sejam tomadas antes que ocorra um desastre.

Além da auditoria preditiva, a IA também pode ser usada para otimizar o processo de auditoria ambiental, automatizando a análise inicial dos dados e identificando automaticamente áreas de não conformidade. Isso não apenas aumenta a eficiência das auditorias, mas também permite que os auditores concentrem seus esforços em questões mais complexas que requerem intervenção humana. A automação das auditorias ambientais também pode reduzir o tempo e os custos associados ao processo, tornando as auditorias mais acessíveis, especialmente para pequenas e médias empresas (Oliveira *et al.*, 2024).

Apesar das vantagens claras da IA e da automação nas auditorias ambientais, sua implementação enfrenta desafios. A falta de capacitação técnica entre os auditores e a resistência cultural à adoção de novas tecnologias são obstáculos significativos que precisam ser superados. Muitos auditores ambientais ainda não estão familiarizados com as ferramentas de IA, e a adoção dessas tecnologias requer investimentos em treinamento e desenvolvimento de habilidades (Oliveira *et al.*, 2024). Além disso, a confiabilidade dos algoritmos de IA ainda

é uma preocupação, especialmente em situações onde as decisões automatizadas podem ter consequências graves para o meio ambiente e a saúde pública.

Outro desafio importante é a infraestrutura tecnológica necessária para suportar o uso de IA e automação nas auditorias ambientais. A análise de grandes volumes de dados ambientais requer sistemas de computação poderosos e conectividade confiável, o que pode ser um problema em regiões com infraestrutura tecnológica limitada. Isso cria uma barreira para a adoção dessas tecnologias em alguns países em desenvolvimento, onde a capacidade tecnológica ainda é limitada (Oliveira *et al.*, 2024).

As normas e certificações ambientais tem evoluído ao longo dos anos para refletir as mudanças nas exigências globais de sustentabilidade. As auditorias ambientais desempenham um papel fundamental no processo de certificação, garantindo que as empresas estejam em conformidade com os padrões estabelecidos por certificações como a NBR ISO 14.001:2015, que define requisitos para a implementação de sistemas de gestão ambiental (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

À medida que as regulamentações ambientais se tornam mais rigorosas e abrangentes, espera-se que as normas e certificações ambientais também evoluam para incluir novas áreas de preocupação, como a sustentabilidade social e econômica, além dos tradicionais aspectos ambientais. Isso exigirá uma abordagem mais holística das auditorias ambientais, onde os auditores precisarão avaliar não apenas o impacto ambiental das operações empresariais, mas também sua contribuição para o bem-estar social e econômico (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

No entanto, a adaptação às novas exigências normativas pode ser desafiadora para as empresas, especialmente para aquelas que operam em múltiplos países com diferentes regulamentações ambientais. A falta de harmonização entre as normas ambientais globais pode criar obstáculos para as empresas que precisam cumprir requisitos de conformidade em várias jurisdições. Além disso, o processo de certificação pode ser oneroso, particularmente para pequenas e médias empresas, que muitas vezes carecem dos recursos financeiros necessários para implementar e manter um sistema de gestão ambiental certificado (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

A implementação de tecnologias emergentes, como o *big data* e a IA, pode facilitar a conformidade com as normas e certificações ambientais, permitindo que as empresas monitorem continuamente seu desempenho ambiental e adotem uma abordagem mais proativa à gestão de riscos. Além disso, espera-se que as certificações ambientais continuem a evoluir para incorporar novos critérios relacionados à economia circular, biodiversidade e direitos

humanos, exigindo das empresas um nível ainda maior de compromisso com a sustentabilidade (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

As auditorias ambientais no setor público desempenham um papel fundamental na fiscalização das políticas ambientais e na garantia de que os recursos naturais sejam geridos de forma sustentável. No entanto, o setor público enfrenta desafios significativos na implementação de auditorias eficazes, principalmente devido à limitação de recursos e à capacidade técnica dos órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental (Mattei *et al.*, 2021). Em muitos casos, as agências governamentais operam com orçamentos reduzidos e carecem de pessoal qualificado para conduzir auditorias detalhadas, o que pode levar a uma fiscalização inadequada e à implementação ineficaz das políticas ambientais.

Outro desafio enfrentado pelo setor público é a resistência política e institucional à realização de auditorias ambientais rigorosas. Em alguns casos, os interesses econômicos de curto prazo podem entrar em conflito com as metas ambientais de longo prazo, resultando na inação ou no descumprimento das recomendações das auditorias (Mattei *et al.*, 2021). Para superar esses desafios, é necessário fortalecer as instituições responsáveis pela fiscalização ambiental, garantindo que os recursos adequados sejam alocados para a realização de auditorias eficazes e que os órgãos públicos tenham a independência necessária para conduzir seu trabalho de forma imparcial.

Por outro lado, o setor público oferece oportunidades significativas para o avanço das auditorias ambientais. O aumento da demanda por políticas públicas voltadas para a sustentabilidade, juntamente com os avanços tecnológicos, oferece uma oportunidade única para modernizar as auditorias ambientais e torná-las mais eficazes. A utilização de ferramentas como o *big data*, IA e *blockchain* pode permitir que os governos monitorem o cumprimento das normas ambientais em tempo real, facilitando a identificação de irregularidades e a adoção de medidas corretivas (Oliveira *et al.*, 2024).

A cooperação internacional também pode desempenhar um papel importante na melhoria das auditorias ambientais no setor público. A troca de conhecimentos e boas práticas entre diferentes países e a implementação de programas de capacitação podem ajudar a fortalecer as capacidades institucionais dos órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental, especialmente em países em desenvolvimento que enfrentam limitações financeiras e técnicas (Mattei *et al.*, 2021).

Nos países em desenvolvimento, a implementação de auditorias ambientais eficazes enfrenta desafios particulares. As limitações financeiras e institucionais são os principais obstáculos que dificultam a realização de auditorias ambientais abrangentes nesses países (Qian

et al., 2021). Muitas empresas em economias emergentes ainda veem as auditorias ambientais como um custo adicional, e a falta de incentivos regulatórios ou financeiros pode desestimular a adoção dessas práticas. Além disso, a fiscalização ambiental nesses países muitas vezes carece da independência e da autoridade necessárias para implementar eficazmente as recomendações geradas pelas auditorias.

Outro desafio significativo é a falta de capacidade técnica dos auditores ambientais nos países em desenvolvimento. A ausência de formação especializada e de recursos tecnológicos adequados limita a eficácia das auditorias e pode comprometer a qualidade dos relatórios gerados. Em muitos casos, as auditorias são conduzidas de maneira superficial, sem uma análise detalhada dos impactos ambientais das operações empresariais (Qian *et al.*, 2021).

No entanto, há também oportunidades significativas para melhorar as auditorias ambientais nos países em desenvolvimento. A transferência de tecnologia e a cooperação internacional podem ajudar a capacitar auditores e fortalecer as instituições responsáveis pela fiscalização ambiental. Além disso, a adoção de tecnologias de baixo custo, como drones e sensores remotos, pode permitir a realização de auditorias mais eficazes e acessíveis, superando algumas das barreiras financeiras enfrentadas por empresas e governos (Qian *et al.*, 2021).

A implementação de incentivos regulatórios, como subsídios para empresas que adotam práticas de auditoria ambiental ou penalidades mais rígidas para aquelas que violam as normas ambientais, pode incentivar a adoção de auditorias em países em desenvolvimento. Essas medidas podem ajudar a criar um ambiente mais favorável à realização de auditorias ambientais e promover uma cultura de conformidade e responsabilidade ambiental (Qian *et al.*, 2021).

As perspectivas futuras para a auditoria ambiental estão intimamente ligadas à capacidade das empresas e governos de se adaptarem às novas demandas tecnológicas e regulamentares. As tendências tecnológicas, como o uso de IA, *blockchain*, drones e *big data*, tem o potencial de transformar as auditorias ambientais, tornando-as mais eficientes, precisas e transparentes (Desplebin *et al.*, 2021). No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, incluindo a falta de capacitação técnica, resistência institucional e limitações financeiras.

Uma das principais tendências futuras é a automação das auditorias ambientais, que permitirá que as empresas monitorem continuamente seu desempenho ambiental em tempo real, adotando uma abordagem mais proativa e menos reativa. Além disso, espera-se que a integração de tecnologias como o *blockchain* aumente a transparência e a *accountability* nos processos de auditoria, garantindo que os dados ambientais sejam imutáveis e acessíveis a todas as partes interessadas (Desplebin *et al.*, 2021).

Outra tendência importante é a evolução das normas e certificações ambientais, que devem se tornar mais rigorosas e abrangentes, incorporando não apenas os aspectos ambientais, mas também os sociais e econômicos da sustentabilidade. As empresas precisarão se adaptar a essas novas exigências, investindo em tecnologias que facilitem a conformidade com as normas e permitam auditorias mais eficazes (Guimarães e Guimarães Júnior, 2021).

Por fim, as auditorias ambientais continuarão a desempenhar um papel central na gestão sustentável, tanto no setor privado quanto no público. Para garantir sua eficácia no futuro, será necessário investir em capacitação, modernização tecnológica e fortalecimento das instituições responsáveis pela fiscalização ambiental. Com essas medidas, as auditorias ambientais poderão continuar a contribuir para a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo sobre "Desafios e Perspectivas Futuras para a Auditoria Ambiental" baseia-se em uma abordagem de revisão de literatura, com o objetivo de analisar criticamente as principais tendências, desafios e oportunidades para a auditoria ambiental no contexto atual e futuro. A escolha dessa metodologia se justifica pela necessidade de entender, a partir de diversas fontes, como as inovações tecnológicas, as questões regulatórias e os desafios institucionais moldam o campo da auditoria ambiental. Além disso, a revisão de literatura permite identificar lacunas no conhecimento atual e traçar cenários futuros para a prática da auditoria ambiental.

Este estudo é exploratório e qualitativo, o que significa que busca proporcionar uma compreensão mais profunda das transformações que estão ocorrendo na área de auditoria ambiental, bem como as possíveis direções futuras. A abordagem qualitativa é apropriada para este trabalho, pois permite analisar dados interpretativos, em vez de mensuráveis, focando nas percepções, tendências e implicações de fenômenos complexos relacionados à auditoria ambiental. A pesquisa exploratória é relevante quando o tema investigado envolve inovação, como o uso de tecnologias emergentes e mudanças nas práticas regulamentares.

A coleta de dados foi realizada por meio de uma revisão de literatura, que consistiu na busca de publicações acadêmicas, artigos científicos, legislações e relatórios técnicos relacionados ao tema da auditoria ambiental. A pesquisa bibliográfica incluiu referências disponíveis em bases de dados acadêmicas renomadas, como Scopus, *Web of Science*, *Google Scholar* e *ScienceDirect*, além de portais de órgãos reguladores e instituições internacionais focadas em questões ambientais. Essa abordagem garantiu que o estudo estivesse baseado em fontes confiáveis e atualizadas, proporcionando uma análise abrangente sobre as mudanças recentes e as tendências futuras na auditoria ambiental.

Os critérios de inclusão das referências foram: (1) publicações entre os anos de 2020 e 2024, permitindo que a análise esteja em sintonia com as inovações tecnológicas e desafios contemporâneos da auditoria ambiental; (2) fontes que abordassem a aplicação de tecnologias emergentes como *big data*, inteligência artificial, *blockchain*, e drones no contexto das auditorias ambientais; (3) estudos que discutissem as implicações regulatórias e institucionais para a implementação de auditorias ambientais eficazes, bem como a evolução das normas e certificações ambientais, como a NBR ISO 14.001:2015. Já os critérios de exclusão incluíram: (1) estudos que não estivessem diretamente relacionados ao tema da auditoria ambiental; (2)

artigos que não apresentassem dados ou discussões sobre a aplicação de inovações tecnológicas ou questões regulatórias na área de auditoria ambiental.

Após a coleta dos dados, a análise foi conduzida de forma qualitativa, através de uma leitura crítica dos textos selecionados, buscando identificar as principais categorias temáticas relacionadas aos desafios e às perspectivas futuras da auditoria ambiental. A análise foi focada em três grandes eixos: (1) o impacto das tecnologias emergentes na eficiência e precisão das auditorias ambientais, (2) as barreiras institucionais e regulatórias para a implementação dessas inovações e (3) as possíveis direções para o futuro das auditorias, considerando o desenvolvimento de novas normas, certificações e mecanismos de *accountability*.

O processo de análise de conteúdo foi guiado pela identificação de padrões e insights nas publicações revisadas. As informações extraídas foram organizadas em tópicos que correspondem diretamente aos objetivos do estudo, como a aplicação de inteligência artificial, *big data* e *blockchain*, além das implicações desses avanços tecnológicos para a conformidade regulatória e a sustentabilidade corporativa. As recomendações e conclusões foram desenvolvidas com base na análise comparativa das diversas fontes de dados, buscando identificar convergências e divergências entre os autores sobre o futuro da auditoria ambiental.

Embora a revisão de literatura ofereça uma visão abrangente sobre o estado atual e as tendências futuras da auditoria ambiental, esta metodologia apresenta algumas limitações. Uma das principais limitações está relacionada ao fato de que a análise se baseia exclusivamente em fontes publicadas, o que pode limitar a inclusão de inovações recentes que ainda não foram amplamente documentadas. Além disso, a revisão de literatura depende da qualidade e da profundidade das publicações disponíveis, o que pode restringir a análise a certos contextos geográficos ou setoriais. Assim, reconhece-se que a auditoria ambiental pode apresentar desafios específicos em regiões e setores onde os dados e as regulamentações são mais escassos ou subdesenvolvidos.

A metodologia baseada em uma revisão de literatura qualitativa permite compreender, de forma detalhada, os avanços e desafios da auditoria ambiental em um cenário de rápida transformação tecnológica e regulamentar. Ao analisar fontes acadêmicas, técnicas e regulamentares recentes, este estudo visa fornecer uma visão crítica sobre o futuro da auditoria ambiental, com foco nas oportunidades proporcionadas pelas tecnologias emergentes e nas barreiras que precisam ser superadas para que essas inovações sejam implementadas de maneira eficaz. A metodologia adotada é adequada para alcançar os objetivos do estudo, oferecendo uma base sólida para a análise dos impactos das inovações tecnológicas e das mudanças regulatórias no campo da auditoria ambiental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A auditoria ambiental tem ganhado relevância no contexto da sustentabilidade empresarial, especialmente diante das crescentes pressões regulatórias e da demanda por maior *accountability* e transparência nas operações corporativas. Com o avanço de tecnologias emergentes e o fortalecimento das normas ambientais, as auditorias ambientais passam por uma transformação que exige das empresas e dos órgãos reguladores a adaptação a novas ferramentas e processos mais robustos e eficientes. Diversos estudos abordam esses aspectos, propondo diferentes abordagens e soluções para aprimorar a eficácia das auditorias ambientais, ao mesmo tempo em que destacam os desafios que precisam ser superados.

Júnior e Demajorovic (2020) discutem os modelos e ferramentas de gestão ambiental, afirmando que a auditoria ambiental é fundamental para reduzir os impactos das atividades empresariais no meio ambiente. Os autores ressaltam a importância de sistemas de gestão ambiental, como a NBR ISO 14.001:2015, que tem sido amplamente adotado por organizações ao redor do mundo. No entanto, apontam que, para que essas ferramentas sejam realmente eficazes, é necessário incorporar novas tecnologias que ampliem a capacidade de monitoramento e análise dos impactos ambientais. A falta de inovação tecnológica no processo de auditoria é, segundo os autores, um dos maiores obstáculos para a evolução das auditorias ambientais, uma vez que as auditorias tradicionais tendem a ser reativas e baseadas apenas em avaliações periódicas.

Em consonância com essa visão, Battistelli e Jeranoski (2024) destacam que, além de cumprir uma função regulatória, a auditoria ambiental pode se tornar uma ferramenta estratégica para as empresas, promovendo melhorias contínuas em suas operações. Para os autores, as empresas que integram a auditoria ambiental como parte central de sua estratégia de gestão sustentável conseguem não apenas evitar sanções regulatórias, mas também melhorar sua reputação e reduzir riscos. O estudo enfatiza que a utilização de tecnologias como *big data* e inteligência artificial é essencial para que as auditorias se tornem mais proativas, permitindo a identificação antecipada de riscos e a implementação de medidas preventivas.

Ferigato *et al.* (2020) corroboram essa perspectiva, apontando que a auditoria ambiental precisa evoluir de um processo meramente reativo, que responde a falhas e não conformidades, para um modelo preventivo. Os autores ressaltam que, com o advento de tecnologias emergentes, é possível monitorar continuamente as operações das empresas e identificar pontos de melhoria antes que os problemas se agravem. Nesse sentido, ferramentas como o *big data*

são fundamentais, pois permitem a análise de grandes volumes de dados em tempo real, facilitando a detecção de padrões que podem indicar problemas ambientais.

Ao comparar essas abordagens, observa-se que há um consenso entre os autores quanto à necessidade de modernização das auditorias ambientais. No entanto, enquanto Júnior e Demajorovic (2020) focam mais na importância da conformidade com normas internacionais, como a NBR ISO 14.001:2015, Battistelli e Jeranoski (2024) e Ferigato *et al.* (2020) colocam ênfase na inovação tecnológica como elemento-chave para a eficácia das auditorias. A principal divergência está no grau de foco em conformidade regulatória versus o uso estratégico das auditorias para além do cumprimento legal.

No que diz respeito à transparência e accountability, Queiroz e Fialho (2021) apontam que esses princípios são essenciais para garantir a eficácia das auditorias ambientais, especialmente no setor público. A transparência é fundamental para que os processos de auditoria sejam confiáveis e acessíveis a todas as partes interessadas, incluindo sociedade civil, investidores e reguladores. Os autores sugerem que uma maior transparência pode ser alcançada por meio do uso de tecnologias como o *blockchain*, que permite o registro imutável de dados e transações, garantindo que as informações não sejam manipuladas.

Essa visão é compartilhada por Desplebin *et al.* (2021), que destacam o *blockchain* como uma ferramenta promissora para aumentar a confiança nos processos de auditoria. O *blockchain* pode ser utilizado para registrar todas as etapas de uma auditoria ambiental, desde a coleta de dados até a emissão de relatórios, assegurando que todas as informações sejam acessíveis e verificáveis. Embora a implementação dessa tecnologia ainda esteja em fase inicial, os autores argumentam que ela tem o potencial de transformar a maneira como as auditorias ambientais são conduzidas, especialmente em contextos onde a confiança entre as partes envolvidas é crítica.

Em contrapartida, Battistelli e Jeranoski (2024) afirmam que, embora o *blockchain* tenha grande potencial para aumentar a transparência, sua implementação enfrenta desafios, especialmente em países em desenvolvimento, onde a infraestrutura tecnológica ainda é limitada. Para os autores, é necessário que as empresas e os governos invistam em capacitação tecnológica e na criação de ambientes regulatórios que facilitem a adoção dessas novas ferramentas. A falta de infraestrutura adequada é um dos principais obstáculos para a ampla adoção de tecnologias emergentes nas auditorias ambientais, limitando sua eficácia.

Além disso, Fahsold *et al.* (2022) destacam que a confiabilidade das auditorias depende não apenas das ferramentas tecnológicas utilizadas, mas também da consistência e da capacidade dos auditores em aplicar metodologias padronizadas. O estudo analisa a viabilidade

e a consistência interavaliadores do German Environmental Audit Tool (G-EAT) e conclui que, embora as ferramentas tecnológicas possam aprimorar a precisão das auditorias, o fator humano continua sendo fundamental para garantir a qualidade dos resultados. A formação e a qualificação dos auditores são fundamentais para que as auditorias ambientais sejam conduzidas de maneira eficaz e produzam resultados confiáveis.

Ao confrontar essas ideias, é possível perceber uma convergência na importância da inovação tecnológica para a evolução das auditorias ambientais, especialmente no que diz respeito à transparência e à *accountability*. No entanto, há divergências quanto aos desafios práticos de implementação dessas tecnologias. Enquanto Desplebin *et al.* (2021) e Queiroz e Fialho (2021) são otimistas quanto ao impacto transformador de tecnologias como o *blockchain*, Battistelli e Jeranoski (2024) ressaltam as dificuldades de adoção dessas ferramentas, especialmente em contextos com infraestrutura tecnológica limitada.

Por fim, a questão das normas e certificações também é amplamente discutida nos estudos. Guimarães e Guimarães Júnior (2021) enfatizam a importância de normas e certificações ambientais, como a NBR ISO 14.001:2015, para garantir que as auditorias ambientais sejam realizadas de forma padronizada e com foco na sustentabilidade. Os autores destacam que essas certificações são fundamentais para assegurar que as empresas estejam em conformidade com as regulamentações e que as auditorias sejam vistas como um processo confiável por todas as partes interessadas.

Entretanto, Pacheco e Augusto (2021) argumentam que, além das normas, é necessário que as auditorias ambientais estejam alinhadas com os princípios de prevenção e mitigação de riscos ambientais. Segundo eles, as auditorias devem ir além do cumprimento das regulamentações e se concentrar em prevenir danos ambientais e mitigar possíveis responsabilidades administrativas. Essa visão reforça a necessidade de uma abordagem mais holística e proativa na condução de auditorias ambientais.

Dessa forma, ao discutir os resultados dos estudos analisados, é possível concluir que, apesar das diferentes ênfases dos autores, há um consenso geral sobre a importância da auditoria ambiental como ferramenta central para a gestão sustentável. A modernização das auditorias, com a adoção de novas tecnologias, como *blockchain*, *big data* e IA, e a necessidade de maior transparência e *accountability*, são temas recorrentes. No entanto, as barreiras institucionais e tecnológicas ainda representam desafios significativos, especialmente em contextos onde a infraestrutura e a capacitação são limitadas. Os resultados gerais foram dispostos no Quadro 1:

Quadro 1 – Consolidação dos resultados obtidos

Aspecto avaliado	Foco principal	Tecnologias e ferramentas	Desafios identificados	Conclusões
Conformidades, normas e resoluções	A importância de estar dentro dos padrões estabelecidos. Exemplo: NBR ISO 14.001:2015 para garantir a sustentabilidade empresarial	Sistema de gestão ambiental e certificações	Sem foco preventivo e avaliação de conformidades limitada a padrões	As normas e certificações são fundamentais, porém, precisam ser complementadas com abordagens de prevenção
Integração estratégica	Auditoria ambiental como uma ferramenta de gestão	Integração de auditoria ambiental com uma gestão sustentável	As empresas enxergam a auditoria como uma exigência regulatória	A auditoria ambiental precisa ser um princípio central nas estratégias de uma empresa, promovendo melhorias e mitigações
Inovação e monitoramento	Necessidade de incorporar novas tecnologias ao processo	<i>Big data</i> , inteligência artificial e blockchain	Lentidão na implementação dessas tecnologias em países emergentes	A aplicação dessas novas tecnologias torna as auditorias mais eficientes, mas exigem infraestrutura
Transparência e accountability	Importância de transparência no processo e nos dados para uma maior confiabilidade	<i>Blockchain</i> para rastreamento seguro das informações	A implementação dessa tecnologia de forma ampla é um desafio	Dados e registros seguros, como o <i>blockchain</i> , elevam a confiança nos resultados da auditoria
Capacitação e qualificação	Necessidade de qualificação dos profissionais envolvidos e padronização da metodologia utilizada	Disponibilidade de ferramentas e treinamento para os auditores	Variabilidade na competência dos auditores e resultados	Mesmo com uma melhor precisão obtida pelas tecnologias, ainda é necessário evoluir na qualificação dos profissionais

Foco preventivo	Evolução para modelos preventivos de auditoria	Monitoramento contínuo e análise de dados em tempo real	Tendência de processos reativos nas auditorias tradicionais	As auditorias ambientais preventivas apresentam maior eficiência na identificação de riscos e implementação de soluções
Infraestrutura e acessibilidade	A infraestrutura pode ser um limitante na implementação de novas tecnologias	Investimentos em tecnologia e capacitação em regiões mais limitadas	Infraestrutura limitada em países emergentes	Ter uma infraestrutura adequada é essencial para expandir uma auditoria ambiental mais eficiente para o mundo todo

Fonte: dados do estudo (2024).

5. CONCLUSÃO

A auditoria ambiental, como demonstrado ao longo deste estudo, desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade empresarial e no cumprimento das regulamentações ambientais. No contexto atual, onde as preocupações com as mudanças climáticas e a preservação do meio ambiente ganham cada vez mais destaque, torna-se imperativo que as auditorias ambientais evoluam para atender às demandas crescentes por eficiência, transparência e *accountability*.

A revisão da literatura evidenciou que o uso de tecnologias emergentes, como inteligência artificial, *big data* e *blockchain*, oferece oportunidades significativas para transformar o processo de auditoria ambiental, tornando-o mais preciso, proativo e transparente. Essas inovações permitem a análise em tempo real dos dados ambientais, possibilitando a detecção antecipada de riscos e a implementação de ações corretivas de maneira mais ágil e eficiente. Além disso, a tecnologia *blockchain*, em particular, tem o potencial de aumentar a confiança nos processos de auditoria, garantindo a integridade e a rastreabilidade das informações.

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos, este estudo também identificou desafios consideráveis que precisam ser superados para a implementação efetiva dessas inovações. A falta de infraestrutura adequada, especialmente em países em desenvolvimento, e a escassez de capacitação técnica são barreiras significativas. Além disso, a adoção dessas tecnologias ainda enfrenta resistência em alguns setores, devido a questões de custo e à necessidade de adaptação cultural e institucional.

As discussões entre os autores também revelam uma convergência em relação à importância da modernização das auditorias ambientais, mas com diferentes ênfases. Enquanto alguns destacam a conformidade com normas e certificações internacionais, como a NBR ISO 14.001:2015, outros ressaltam o papel estratégico das auditorias na inovação e melhoria contínua das práticas empresariais, indo além da mera conformidade regulatória.

Conclui-se, portanto, que o futuro da auditoria ambiental depende de um equilíbrio entre a inovação tecnológica, a adaptação regulatória e a capacitação dos profissionais envolvidos. A modernização das auditorias, com foco em prevenção e sustentabilidade, será essencial para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e garantir que as empresas operem de maneira responsável e alinhada aos princípios de desenvolvimento sustentável. Além disso, o fortalecimento da infraestrutura tecnológica e a promoção de um ambiente regulatório favorável

à adoção dessas inovações serão cruciais para que a auditoria ambiental possa alcançar todo o seu potencial como ferramenta de gestão e controle ambiental.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Cristhian Carla Bueno de; CATAPAN, Anderson; OLIVEIRA, Antonio Gonçalves de. AUDITORIAS OPERACIONAIS AMBIENTAIS NOS TRIBUNAIS DE CONTAS: NOVAS PERSPECTIVAS. **Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 8, p. 23 páginas-23 páginas, 2022.

ANI, Emmanuel Chigozie et al. Intelligent monitoring systems in manufacturing: current state and future perspectives. **Engineering Science & Technology Journal**, v. 5, n. 3, p. 750-759, 2024.

ARAÚJO, Valter Shuenquener de; FARIAS FILHO, Mauro César Teixeira de. A função regulatória da licitação no Brasil: estado da arte e perspectivas de futuro. **A&C-Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, v. 23, n. 91, p. 87-116, 2023.

BATTISTELLI, André Aguiar; JERANOSKI, Rhuan Felipe. A importância da auditoria ambiental como instrumento de apoio à sustentabilidade empresarial no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 26, p. 122-136, 2024.

CARVALHO, Alexson Pantaleao Machado de. Auditoria ambiental e sua aplicabilidade com base na lei 10.165/2000 da Política Nacional Do Meio Ambiente. **Journal of Education Science and Health**, v. 3, n. 1, 2023.

CARVALHO, Alexson Pantaleao Machado de. Revisão narrativa sobre auditoria ambiental no Brasil: uma reflexão acerca da sua eficácia. **Journal of Education Science and Health**, v. 3, n. 1, p. 01-08, 2023.

CASTKA, Pavel; SEARCY, Cory; MOHR, Jakki. Technology-enhanced auditing: Improving veracity and timeliness in social and environmental audits of supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120773, 2020.

DESPLEBIN, Olivier; LUX, Gulliver; PETIT, Nicolas. To be or not to be: blockchain and the future of accounting and auditing. **Accounting Perspectives**, v. 20, n. 4, p. 743-769, 2021.

FAHSOLD, Anne et al. Feasibility, interrater reliability and internal consistency of the German Environmental Audit Tool (G-EAT). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 3, p. 1050, 2022.

FERIGATO, Evandro et al. Auditoria ambiental e sua importância como ferramenta de gestão ambiental. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e918986569-e918986569, 2020.

FRÓES, Matheus Crivelaro et al. Processo de Implantação de Um Sistema de Gestão Ambiental nas Organizações: Revisão Bibliográfica. **Prospectus (ISSN: 2674-8576)**, v. 6, n. 1, p. 551-577, 2024.

GIAMBERARDINO, Guilherme Gonçalves; GADDA, Tatiana Maria Cecy; NAGALLI, André. Uso da tecnologia blockchain nas contratações públicas sustentáveis de obras rodoviárias. **Revista de Administração Pública**, v. 58, n. 3, p. e2023-0073, 2024.

GUIMARÃES, Elcio Ricardo Leite; GUIMARÃES JÚNIOR, Djalma Silva. Das medidas de sustentabilidade às certificações sustentáveis: uma investigação sobre o desenvolvimento desses instrumentos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 19, p. 1203-1217, 2021.

JÚNIOR, Alcir Vilela; DEMAJOROVIC, Jacques. **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. Editora Senac São Paulo, 2020.

LOPES, Filipe Leites et al. Auditoria Ambiental: uma Revisão Bibliográfica com Análise de Estudos de Caso. In: **XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Recuperado de: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021>. 2021.

MATTEI, Giorgia; GROSSI, Giuseppe; GUTHRIE AM, James. Exploring past, present and future trends in public sector auditing research: a literature review. **Meditari Accountancy Research**, v. 29, n. 7, p. 94-134, 2021.

MORAES, Clauciana Schmidt Bueno de; DOLPHINE, Larissa Marchetti; MAEDA, Adriana Yumi. Auditoria do plano de gerenciamento de resíduos em instituição com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos e leis correlatas. **Peer Review**, v. 5, n. 3, p. 59-81, 2023.

NÓBREGA, Ingrid Gomes et al. Auditoria ambiental como fator representativo para as organizações. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e83911490-e83911490, 2020.

OLIVEIRA, Mylenna de Paula Caetano de; AZEVEDO, Magno Santana; ÁVILA, Wellington. Inteligência artificial aplicada à contabilidade: análise de tendências e possibilidades. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 17, n. 6, 2024.

PACHECO, Saleta; AUGUSTO, Fernando. Auditoria ambiental de conformidade como mecanismo para efetivação do princípio da prevenção e mitigação da responsabilidade administrativa ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 19, p. 811-829, 2021.

QIAN, Wei; TILT, Carol; BELAL, Aatur. Social and environmental accounting in developing countries: contextual challenges and insights. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 34, n. 5, p. 1021-1050, 2021.

QUEIROZ, Alexandre Bossi; FIALHO, Ana. Accountability e transparência na administração pública no Brasil e o ODS 16: desenvolvimentos recentes e perspectivas futuras. **Cadernos da Escola do Legislativo**, v. 23, n. 40, p. 82-112, 2021.

RANGEL, Danilo; FONTOURA, Geraldo André Thurler. Qualificação do desempenho de empresas em relatórios de auditoria ambiental compulsória no estado do Rio de Janeiro. **Sistemas & Gestão**, v. 17, n. 3, 2022.

ROMANO, Andre Luiz; FERREIRA, Luis Miguel DF; CAEIRO, Sandra Sofia FS. Influência das práticas comportamentais e técnicas no desempenho e riscos de sustentabilidade: uma análise em empresas brasileiras com modelagem de equações estruturais. **Revista Produção Online**, v. 24, n. 3, p. 5050-5050, 2024.

SILVA, Flavia Cristina; SANTOS, Mario Roberto; SHIBAO, Fabio Ytoshi. Integração de Métodos Qualitativos e Quantitativos para a Gestão Ambiental: Estudo de Caso na Indústria de Transformados Plásticos. **Advances in Global Innovation & Technology**, v. 2, n. 4, p. e24223-e24223, 2024.

SOUZA, Alanis Milena Rodrigues de; SILVA, Maria Cristina Gontijo Peres Valdez. Desenvolvimento sustentável: ESG e instrumentos práticos utilizados para o enfrentamento da questão ambiental. **Unisanta Law and Social Science**, v. 11, n. 1, p. 01-20, 2023.

TIRON-TUDOR, Adriana; DELIU, Delia. Reflections on the human-algorithm complex duality perspectives in the auditing process. **Qualitative Research in Accounting & Management**, v. 19, n. 3, p. 255-285, 2022.