

ARTIGOS

Submetido 02-12-2024. Aprovado 03-07-2025

Avaliado pelo sistema de revisão duplo-anônimo. Editor Associado: Jun Lin

Os autores não concordaram com a publicação dos pareceres do manuscrito aprovado.

Versão traduzida | DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020250609x>

ESTUDO DOS ASPECTOS ECONÔMICOS DA RSC NA MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL: PAPÉIS MEDIADORES DA ANÁLISE DE BIG DATA COM SUPORTE DE IA E DA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

The economics of CSR in enhancing environmental performance: Mediating roles of AI-powered BDA and sustainable supply chain management

El impacto económico de la RSC en la mejora del desempeño ambiental: Roles mediadores del BDA con IA y gestión sostenible de la cadena de suministro

Chung-Hao Hsu¹ | biondi@mail.cjcu.edu.tw | ORCID: 0000-0002-0876-6719

Asif Khan² | khan_asif04@yahoo.com | ORCID: 0000-0002-5498-6077

¹Autor correspondente

¹Chang Jung Christian University, Department of Accounting Information Systems, Tainan, Taiwan

²Southern Taiwan University of Science and Technology, College of Business, Tainan, Taiwan

RESUMO

A Responsabilidade Social Corporativa (RSC) é fundamental para empresas que precisam lidar com questões ambientais. Esta pesquisa desenvolveu um modelo para avaliar o impacto da RSC no Desempenho Ambiental (DA) por meio de análise de big data com suporte de inteligência artificial (ABD-IA) e da gestão sustentável da cadeia de suprimentos (GSCS). O estudo, conduzido com 196 gestores de indústrias manufatureiras taiwanesas, revelou que a RSC impactou significativamente a ABD-IA e a GSCS, mas não apresentou relação significativa com o DA. A GSCS impactou significativamente o DA, enquanto ABD-IA não demonstrou relação significativa. A GSCS foi identificada como elemento mediador significativo na relação entre a RSC e o DA. Teoricamente, o estudo avança na compreensão de como capacidades operacionais versus tecnológicas impulsoram o DA em contextos relacionados a questão da sustentabilidade na indústria manufatureira.

Palavras-chave: desempenho ambiental, responsabilidade social corporativa, análise de big data com suporte de inteligência artificial, gestão sustentável da cadeia de suprimentos, economia.

ABSTRACT

Corporate social responsibility (CSR) holds significant importance for businesses needing to consistently address environmental concerns. This research builds a model to address the impact of CSR on environmental performance (EP) via artificial intelligence-powered big data analytics (AIP-BDA) and sustainable supply chain management (SSCM). It explores the impact of AIP-BDA and SSCM on EP and addresses the indirect and total impacts of CSR on EP. This study targeted a sample of 196 managers from the Taiwanese manufacturing industries. The findings indicated that CSR significantly impacted AIP-BDA and SSCM but did not have a significant relationship with EP. In addition, SSCM significantly impacted EP, while AIP-BDA did not have a significant relationship with EP. SSCM was found to be a significant mediator in the association of CSR with EP. Theoretically, this study advances how operational versus technological capabilities drive EP in manufacturing sustainability contexts.

Keywords: environmental performance, corporate social responsibility, artificial intelligence-powered big data analytics, sustainable supply chain management, economics.

RESUMEN

La responsabilidad social corporativa (RSC) es fundamental para las empresas que necesitan abordar cuestiones ambientales. Esta investigación desarrolló un modelo para evaluar el impacto de la RSC en el desempeño ambiental (DA) a través del análisis de big data con inteligencia artificial (AIBDA) y la gestión sostenible de la cadena de suministro (GSCS). El estudio, realizado con 196 gerentes de industrias taiwanesas, reveló que la RSC impactó significativamente la AIBDA y la GSCS, pero no mostró relación significativa con el DA. La GSCS impactó significativamente el DA, mientras que la AIBDA no demostró relación significativa. La GSCS fue identificada como una mediadora significativa en la relación RSC-DA. Teóricamente, el estudio avanza en la comprensión de cómo las capacidades operativas, en comparación con las tecnológicas, impulsan el DA en contextos de sostenibilidad manufacturera.

Palabras clave: desempeño ambiental, responsabilidad social corporativa, análisis de big data con inteligencia artificial, gestión sostenible de la cadena de suministro, economía.

INTRODUÇÃO

O paradigma da responsabilidade social corporativa (RSC) emergiu como um pilar fundamental do desenvolvimento econômico sustentável, com especial relevância no setor manufatureiro, onde os imperativos ecológicos exigem atenção redobrada. O discurso global contemporâneo reconhece cada vez mais as iniciativas de RSC como catalisadoras de maior transparência organizacional e de trajetórias sustentáveis de desenvolvimento, evidenciado pela integração sistemática de obrigações sociais e ambientais nas arquiteturas operacionais (Nguyen et al., 2024). No contexto da manufatura, a RSC aborda desafios operacionais cruciais, abrangendo a otimização de recursos, protocolos de minimização de resíduos e estruturas de governança de emissões, permitindo que as organizações se alinhem a padrões ecológicos estabelecidos por órgãos reguladores e por diversos grupos de *stakeholders*. Essa abordagem multifacetada reflete a natureza evolutiva da responsabilidade corporativa no enfrentamento de desafios ambientais complexos, preservando, ao mesmo tempo, a eficácia operacional.

Em Taiwan, a indústria manufatureira é vital para o progresso econômico, mas enfrenta desafios ambientais significativos. Os fabricantes taiwaneses estão sob crescente pressão para atender às normas internacionais de sustentabilidade, adotando estratégias de RSC que reduzam o impacto ambiental e aprimorem os resultados ecológicos (Tao et al., 2022). Essas iniciativas alinham-se a modelos mais amplos de sustentabilidade, como o *Triple Bottom Line*, que promove o equilíbrio entre fatores econômicos, ecológicos e sociais para fomentar o crescimento sustentável (Chen et al., 2021). Além disso, a adoção da RSC, em consonância com práticas sustentáveis, é frequentemente orientada pela teoria das partes interessadas, que enfatiza a necessidade de as empresas responderem às expectativas da comunidade e contribuírem para a conservação ambiental (Yankovskaya et al., 2022). Como resultado, empresas manufatureiras em Taiwan têm incorporado progressivamente a RSC às suas estratégias de negócios, visando promover o desenvolvimento sustentável, estimular a inovação e ampliar sua competitividade em escala global (Lin et al., 2024c). O setor manufatureiro taiwanês fornece um contexto empírico ideal para examinar a interação entre RSC, análise de big data com suporte de inteligência artificial (ABD-IA) (Wang et al., 2025) e gestão sustentável da cadeia de suprimentos (GSCS) (Khan et al., 2021b). Como um polo industrial global com desafios ecológicos substanciais, Taiwan enfrenta uma crescente pressão para equilibrar o crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental. A infraestrutura tecnológica avançada do setor e a ampla adoção de iniciativas de transformação digital tornam o país especialmente adequado para investigar a implementação da ABD-IA. Ademais, as empresas de manufatura locais têm demonstrado uma adoção crescente de práticas de RSC, impulsionadas por rígidas regulamentações ambientais e padrões internacionais de sustentabilidade (Tao et al., 2022). As complexas redes de suprimentos do setor e sua posição estratégica nas cadeias de valor globais, oferecem *insights* valiosos sobre como as organizações integram práticas sustentáveis às suas operações.

Iniciativas colaborativas contemporâneas entre consultores atuando na indústria manufatureira, ambientalistas, produtores e pesquisadores acadêmicos têm identificado

sistematicamente múltiplos fatores que contribuem para a degradação ambiental (Nguyen et al., 2024). A substancial pegada ecológica do setor manufatureiro manifesta-se em diversos desafios, como poluição atmosférica, esgotamento de recursos naturais e perturbações climáticas (Úbeda-García et al., 2022). Nesse cenário, a RSC adquiriu importância estratégica para organizações que buscam enfrentar de forma sistemática os imperativos ambientais (Tian & Wang, 2024). O reconhecimento crescente do valor estratégico da RSC tem impulsionado sua adoção como um mecanismo instrumental para o avanço ecológico. O trabalho seminal de Carroll (1991) conceitua a RSC como uma estrutura abrangente que abarca dimensões éticas, filantrópicas, econômicas e legais das expectativas sociais, hierarquicamente organizadas em uma pirâmide. Entre os diversos constructos teóricos, a pirâmide de Carroll demonstrou utilidade analítica e aplicabilidade prática superiores (Lu et al., 2020), justificando sua adoção neste estudo. A Visão Baseada em Recursos (VBR) destaca os mecanismos de incentivo organizacional como determinantes críticos do desempenho. O surgimento de vantagens financeiras centradas em práticas ambientais tem influenciado crescentemente o discurso acadêmico e as estratégias de consultoria (Dai et al., 2022), exigindo estruturas robustas para avaliar o desempenho ambiental (DA) (Albloush et al., 2024). No contexto industrial contemporâneo, caracterizado por intensa competição global e rápida adoção de tecnologias, a RSC evoluiu para um mecanismo estratégico essencial no enfrentamento dos desafios relacionados ao DE (Dang et al., 2024). Evidências empíricas indicam que o uso estratégico de iniciativas de RSC pode, simultaneamente, aprimorar o DA, impulsionar trajetórias de crescimento sustentável e fortalecer o posicionamento competitivo (Flammer & Luo, 2017; Nguyen et al., 2024). Consequentemente, esta investigação examina a relação entre a implementação da RSC e os resultados do DA.

A convergência entre RSC e ABD-IA tornou-se um ponto focal no debate acadêmico contemporâneo. Iniciativas de RSC, fundamentadas em paradigmas de governança ética e sustentabilidade, têm impulsionado trajetórias de inovação tecnológica (Wang et al., 2020). A integração estratégica da ABD-IA às estruturas de RSC permite o monitoramento sofisticado dos impactos ecológicos e sociais, aprimorando a transparência organizacional e o controle (Ujjwal et al., 2023). Essas capacidades analíticas avançadas possibilitam a análise sistemática de conjuntos de dados complexos e multidimensionais, subsidiando decisões estratégicas baseadas em evidências, voltadas a três objetivos principais: redução da pegada de carbono, otimização do uso de recursos e fortalecimento de programas de bem-estar social (Rashid et al., 2024). A sinergia entre os princípios da RSC e da análise avançada vai além dos benefícios reputacionais: ela promove o aumento da confiança dos *stakeholders* e gera maior apoio a iniciativas tecnológicas (Li, 2023). Organizações com forte compromisso com a RSC frequentemente apresentam conformidade regulatória. Por meio das capacidades da ABD-IA, essas organizações atendem, até mesmo superam, os padrões estabelecidos, assegurando vantagens competitivas sustentáveis (Lina et al., 2024). Esta investigação busca elucidar a inter-relação dinâmica entre a implementação da RSC e os padrões de adoção da ABD-IA.

As organizações vêm reconhecendo o valor estratégico da colaboração com parceiros da cadeia de suprimentos para fortalecer sua reputação e suas iniciativas de RSC (Huang et al., 2021).

Esse reconhecimento tem incentivado pesquisadores e gestores a explorarem estratégias eficazes para a gestão da RSC nas operações da cadeia de suprimentos, com foco no desenvolvimento e na implementação de códigos de conduta abrangentes, capazes de enfrentar desafios emergentes (Khan et al., 2021b). Apesar dos avanços na literatura sobre GSCS e RSC, ainda existem lacunas relevantes. Uma preocupação central reside na predominância de estruturas de avaliação subjetivas, frequentemente carentes de clareza e objetividade (Feng et al., 2017). Tais abordagens tendem a ser inadequadas e de aplicação limitada. O desafio é especialmente crítico em economias em desenvolvimento, onde há escassez de modelos robustos para avaliar a implementação de GSCS e RSC (Feng et al., 2017; Luo et al., 2021). Assim, buscamos investigar aqui a relação entre práticas de RSC e estruturas de GSCS.

O crescimento exponencial de dados tem levado as organizações a adotar abordagens analíticas sofisticadas, como a ABD-IA, capazes de transformar dados brutos em *insights* acionáveis, aprimorando os processos decisórios e a eficiência da cadeia de suprimentos (Rashid et al., 2024). No entanto, os estudos que analisam a relação entre ABD-IA e DA ainda estão em estágio inicial (Gallo et al., 2023). Apesar de contribuições relevantes, há escassez de evidências empíricas demonstrando o impacto direto da ABD-IA sobre o DA (Alghamdi & Agag, 2023; Rashid et al., 2024). Embora a literatura reconheça amplamente que a integração ambiental gera vantagens competitivas (Rashid et al., 2024), sua implementação apresenta desafios consideráveis. Requer colaboração e coordenação interorganizacional intensas para atingir metas ambientais (Baah et al., 2024). Devido à sua contribuição substancial para a contaminação das cadeias de suprimentos, a melhoria do DA assume importância particular no setor manufatureiro. A ABD-IA tem demonstrado valor em aplicações industriais, especialmente na redução de custos, aceleração da produção (Chen et al., 2024a) e desenvolvimento de produtos inovadores alinhados às preferências emergentes dos consumidores. Contudo, pesquisas que examinam o papel da ABD-IA na melhoria dos processos de DA ainda são limitadas (Gallo et al., 2023). Este estudo visa analisar a relação crítica entre a implementação da ABD-IA e os resultados em termos de DA.

A crescente conscientização ambiental tem motivado empresas a adotarem práticas de GSCS. Essa mudança estratégica assegura que bens e serviços sejam adquiridos, produzidos e distribuídos de forma sustentável, respondendo às preocupações dos *stakeholders* (Laguir et al., 2024). Estudos sobre esse tipo de gestão destacam consistentemente a importância de gestores e organizações se concentrarem na eficácia de suas iniciativas ambientais (Bag et al., 2022). A incorporação de práticas sustentáveis proporciona vantagens competitivas e colaborativas, promovendo o sucesso econômico e a competitividade no mercado (Baah et al., 2024). Para atender aos rigorosos protocolos internos e às crescentes demandas dos consumidores, as empresas devem aprimorar suas capacidades de monitoramento e melhoria do DA em todas as suas operações (Rashid et al., 2024). Assim, o presente estudo analisa a relação entre a GSCS e o DA.

Este estudo aborda as seguintes lacunas: investiga a relação direta entre RSC, DA, ABD-IA e GSCS; examina os impactos da ABD-IA e da GSCS sobre o DA; e, por fim, analisa os impactos indiretos e totais da RSC sobre o DA.

REVISÃO DA LITERATURA E DESENVOLVIMENTO DE HIPÓTESES DE PESQUISA

Responsabilidade Social Corporativa e Desempenho Ambiental

Do ponto de vista teórico, a RSC alinha-se à Visão Baseada em Recursos (VBR), sugerindo que as iniciativas de RSC constituem ativos estratégicos cruciais para a obtenção de vantagem competitiva (Nguyen et al., 2024). Estudos demonstram que os esforços de RSC, especialmente aqueles voltados para questões ambientais, têm um papel vital no aprimoramento do DA das empresas, por meio da melhoria da gestão de recursos, da redução de emissões e da promoção de práticas ambientalmente responsáveis (Tian & Wang, 2024). Além disso, estratégias de RSC com foco ambiental fortalecem a reputação organizacional e ampliam a confiança das partes interessadas, favorecendo maior comprometimento com metas ecológicas. A minimização de resíduos, a conservação de energia e a gestão de poluentes são práticas essenciais tanto para a redução de custos operacionais quanto para a promoção da responsabilidade ambiental, especialmente em setores com elevado impacto ambiental, como o da indústria manufatureira (Dang et al., 2024). As iniciativas de RSC frequentemente se correlacionam com a promoção de inovações sustentáveis e com a adoção de tecnologias verdes, viabilizando benefícios ecológicos de longo prazo e facilitando a conformidade regulatória (Bonsu et al., 2024). Profissionais da ecoindústria devem manter uma visão abrangente dos desafios ambientais em todos os setores e possuir conhecimento aprofundado sobre inovações emergentes em sustentabilidade (Nguyen et al., 2024). As organizações enfrentam pressões crescentes de diversas partes interessadas, incluindo concorrentes, clientes, funcionários e lideranças executivas, para reconhecer e abordar preocupações socioambientais (Bhat et al., 2024). A literatura acadêmica documenta amplamente a influência da RSC sobre os incentivos organizacionais e evidencia seu impacto positivo no DA de forma geral (Dang et al., 2024; Tian & Wang, 2024). Pesquisas recentes também desenvolveram modelos que incorporam RSC e incentivos financeiros, com foco específico em pequenas e médias empresas (Tian & Wang, 2024). No entanto, vale destacar que os benefícios ecológicos ainda são insuficientemente explorados no escopo teórico da RSC (Zhou et al., 2023). Nesse contexto, as organizações devem empregar abordagens analíticas que lhes permitam ajustar estratégias e sistemas frente às restrições financeiras, sociais e ambientais. Evidências empíricas sustentam, de forma consistente, a existência de uma relação significativa entre RSC e DA (Allbloush et al., 2024; Bonsu et al., 2024). Assim, propomos a seguinte hipótese:

H1: A responsabilidade social corporativa impacta positivamente o desempenho ambiental.

Responsabilidade Social Corporativa e Análise de Big Data com Suporte de Inteligência Artificial

A integração da RSC com a Análise de *Big Data* com Suporte de Inteligência Artificial (ABD-IA) representa uma evolução significativa na estratégia corporativa, ao permitir que as organizações utilizem *insights* baseados em dados para aprimorar a transparência, a responsabilização e a eficiência de suas iniciativas de RSC (Lina et al., 2024). Estudos indicam que organizações comprometidas com a RSC demonstram maior propensão à adoção de tecnologias avançadas, como a ABD-IA, com o objetivo de monitorar, analisar e otimizar seus impactos ambientais e sociais, ampliando, assim, os efeitos positivos de suas ações (Li, 2023). A ABD-IA oferece ferramentas sofisticadas para o processamento de grandes volumes de dados, permitindo às organizações identificar padrões, prever impactos ambientais e tomar decisões informadas e alinhadas aos objetivos da RSC. Empresas orientadas por valores de responsabilidade social utilizam a ABD-IA não apenas para aumentar a eficiência operacional, mas também para assegurar a conformidade regulatória e atender às expectativas das partes interessadas, consolidando, dessa forma, uma vantagem competitiva (Wang et al., 2020). Ao promover confiabilidade e responsabilização, a ABD-IA reforça a capacidade organizacional de alcançar os objetivos de RSC, facilitando o monitoramento preciso e o relatório eficaz de indicadores ambientais e sociais (Ujjwal et al., 2023).

As iniciativas de RSC tornam possível a análise e o relato abrangente de métricas de impacto social e ambiental, um processo que a ABD-IA viabiliza de forma especialmente eficiente (Li, 2023). Além disso, essa tecnologia permite a exploração de conjuntos de dados extensos para revelar padrões e *insights* que otimizam os resultados da RSC, particularmente em áreas como eficiência energética e sustentabilidade operacional (Ujjwal et al., 2023). Os avanços em RSC fortalecem a reputação corporativa e aumentam a confiança dos *stakeholders*, fator essencial para o êxito na implementação de tecnologias de *big data* e inteligência artificial (Wang et al., 2020). Essa confiança, envolvendo clientes, investidores, colaboradores e demais públicos estratégicos, favorece maior aceitação e apoio a inovações tecnológicas alinhadas aos valores da RSC (Chen et al., 2021). Adicionalmente, a conformidade regulatória exigida por iniciativas de RSC frequentemente demanda análises avançadas de dados para atender aos requisitos de reporte e assegurar a transparência. A ABD-IA permite que as organizações satisfaçam esses critérios e obtenham vantagens competitivas por meio da gestão proativa da RSC (Lina et al., 2024). Por exemplo, análises baseadas em inteligência artificial facilitam a avaliação de impactos ambientais e indicam estratégias de mitigação, alinhando práticas operacionais aos objetivos da RSC (Pai & Chandra, 2022). Diante disso, propomos a seguinte hipótese:

H2: A responsabilidade social corporativa impacta positivamente a adoção da análise de *big data* com suporte de inteligência artificial.

Responsabilidade Social Corporativa e Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos

As organizações têm incorporado cada vez mais a RSC em suas estruturas de gestão da cadeia de suprimentos, a fim de enfrentar de forma mais eficaz os desafios ambientais e sociais, alinhando suas estratégias operacionais com objetivos mais amplos de sustentabilidade (Huang et al., 2021). A teoria das partes interessadas oferece uma base teórica sólida para essa integração, ao postular que as organizações possuem responsabilidades não apenas com os acionistas, mas também com um conjunto abrangente de partes interessadas, incluindo participantes da cadeia de suprimentos, autoridades reguladoras e a sociedade em geral (Yankovskaya et al., 2022). Evidências empíricas indicam que organizações comprometidas com a RSC demonstram maior propensão à adoção de práticas de Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos (GSCS), abrangendo metas como a redução da pegada ambiental, a promoção de condições de trabalho justas e a implementação de práticas éticas em toda a cadeia (Khan et al., 2021b). Tais práticas favorecem a conservação de recursos, a redução de resíduos e a gestão de emissões, aspectos fundamentais para a efetiva implementação da RSC, especialmente em setores de alto impacto ambiental, como a indústria manufatureira (Wiredu et al., 2024).

O paradigma da GSCS ganhou relevância significativa devido às suas contribuições substanciais para a sustentabilidade organizacional (Rashid et al., 2024). Este estudo adota a estrutura abrangente proposta por Khan et al. (2021a), que contempla as dimensões de manufatura, distribuição, logística e compras sustentáveis como métricas para a avaliação da GSCS. A relação intrínseca entre RSC e GSCS tem o potencial de catalisar a execução eficaz dos protocolos de gestão da cadeia. Ademais, por estar profundamente enraizada na cultura organizacional, a RSC permite que as empresas cultivem um ambiente propício à inovação contínua em conservação de energia, redução de emissões e aumento da produtividade (Akremi et al., 2018). A GSCS representa uma abordagem estratégica de gestão voltada à mitigação de impactos ecológicos, e a RSC permite às organizações alavancar a experiência acumulada na implementação de iniciativas sustentáveis. Além disso, organizações com estruturas robustas de RSC tendem a sofrer maior pressão por parte dos *stakeholders* externos, o que resulta na necessidade de adotar estratégias apropriadas para atender às expectativas sociais e ambientais, estabelecendo, assim, uma base sólida para a adoção da GSCS (Thong & Wong, 2018; Wang et al., 2020). Dessa forma, propomos a seguinte hipótese:

H3: A responsabilidade social corporativa impacta positivamente a gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

Análise de Big Data com Suporte de Inteligência Artificial e Desempenho Ambiental

A análise da relação entre ABD-IA e DA emergiu como um domínio crítico de pesquisa, destacando o papel fundamental da tecnologia no avanço de operações comerciais ambientalmente

sustentáveis. A ABD-IA otimiza o processamento e a análise de dados ambientais abrangentes, permitindo que as organizações aprimorem sua governança ambiental e eficiência operacional (Chen et al., 2024b). Especificamente, a ABD-IA é essencial para a previsão e a gestão de recursos e níveis de poluição, um aspecto particularmente crucial em indústrias com impactos ambientais significativos (Chen et al., 2024a). Além disso, os recursos de análise de dados em tempo real da ABD-IA facilitam a implementação de estratégias proativas de gestão ambiental, permitindo respostas rápidas aos desafios da sustentabilidade (Chen et al., 2024b). Essa aplicação tecnológica está alinhada à VBR, segundo a qual o aproveitamento estratégico de ativos tecnológicos pode gerar vantagens competitivas e aprimorar indicadores ambientais (Razzaque et al., 2024).

Evidências empíricas demonstram o potencial significativo da ABD-IA para fortalecer a capacidade organizacional de monitorar e melhorar o desempenho ambiental. Estudos indicam que a análise de *big data* permite explorar conjuntos de dados extensos para identificar padrões e gerar *insights*, resultando na otimização do uso de recursos e na redução de desperdícios (Rashid et al., 2024). Além disso, a ABD-IA viabiliza processos decisórios mais bem fundamentados, essenciais para a adoção de práticas sustentáveis e o alcance de metas ambientais de longo prazo (Chen et al., 2024a). O papel da ABD-IA na otimização do DA é ainda mais evidenciado por sua capacidade de suprir lacunas informacionais e gerenciar dados ambientais complexos, fornecendo subsídios estratégicos à tomada de decisão (Benzidia et al., 2021). Pesquisas demonstram que a inteligência artificial e a análise de dados são centrais para a interpretação de informações, identificação de tendências, previsão de impactos ambientais e otimização do consumo energético, contribuindo conjuntamente para a melhoria do DA (Waqas et al., 2021). A integração da ABD-IA à GSCS, especialmente em processos de seleção de fornecedores, tem resultado em melhorias mensuráveis no DA (Gallo et al., 2023). A ABD-IA potencializa as práticas ambientais internas e a colaboração com fornecedores, promovendo a redução de resíduos, a mitigação de emissões e a minimização de riscos ecológicos (Rashid et al., 2024). Assim, propomos a seguinte hipótese:

H4: A análise de *big data* com suporte de inteligência artificial impacta positivamente o desempenho ambiental

Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos e Desempenho Ambiental

As práticas de GSCS são estrategicamente concebidas para avaliar o DA por meio de métricas consolidadas, ao mesmo tempo em que consideram a qualidade do produto e os impactos ecológicos (Wiredu et al., 2024). Pesquisadores contemporâneos defendem que o DA deve equilibrar a viabilidade econômica com a sustentabilidade ambiental, promovendo a melhoria da qualidade de vida e, simultaneamente, a preservação dos recursos naturais (Gallo et al., 2023). Iniciativas de GSCS voltadas à entrega de produtos e serviços com foco na minimização de impactos ambientais contribuem substancialmente para o aprimoramento do DA. Tal melhoria se manifesta por meio da redução de riscos ecológicos, do fortalecimento da reputação corporativa e da intensificação

da responsabilidade ambiental. As organizações podem aprimorar significativamente seu DA ao implementar práticas de GSCS de forma estratégica em seus processos produtivos (Yu et al., 2019). Após a implementação, essas práticas facilitam a gestão ambientalmente responsável dentro das organizações, reforçando a estrutura integrada do GSCS (Rashid et al., 2024). As evidências indicam que as práticas de GSCS contribuem sinergicamente para a sustentabilidade ambiental e empresarial, alinhando os procedimentos operacionais a princípios que otimizam o DA (Seman et al., 2019). No entanto, é importante destacar que diversos fatores contextuais e organizacionais, como o setor de atuação, o porte da organização, os marcos regulatórios e as expectativas das partes interessadas, podem moderar a relação entre GSCS e DA, atenuando seu efeito (Shou et al., 2021). Além disso, a complexidade da cadeia de suprimentos também exerce influência moderadora significativa nessa relação (Abbas, 2024). A Visão das Capacidades Dinâmicas (VCD) enfatiza a inovação e a melhoria contínua como elementos essenciais. O GSCS abrange o desenvolvimento e a implementação de estratégias inovadoras para mitigar impactos ecológicos, otimizar o uso de recursos e minimizar desperdícios ao longo da cadeia de suprimentos (Bag et al., 2022). Organizações que priorizam práticas de GSCS tendem a cultivar uma cultura de melhoria contínua e de compromisso sustentado com o DA. Dessa forma, levanta-se a hipótese de que o GSCS tem um impacto significativo sobre o DA, uma vez que, conforme a VCD, organizações que adotam tais práticas desenvolvem capacidades dinâmicas. Essas capacidades permitem alocar recursos de forma eficaz, fomentar a inovação, promover a colaboração, adaptar-se às mudanças ambientais e engajar-se com as partes interessadas — aprimorando, em última instância, o DA. Assim, propomos a seguinte hipótese:

H5: A gestão sustentável da cadeia de suprimentos impacta positivamente o desempenho ambiental.

Análise de Big Data com Suporte de Inteligência Artificial como variável mediadora

Os fundamentos teóricos para o papel mediador da ABD-IA na relação entre RSC e DA emergem de uma estrutura analítica multifacetada. A teoria organizacional contemporânea sugere que a integração das capacidades da ABD-IA às iniciativas de RSC representa uma mudança paradigmática nas práticas de gestão ambiental (Li, 2023). Essa infraestrutura tecnológica viabiliza a conversão de compromissos ambientais normativos em resultados empiricamente mensuráveis, por meio de mecanismos avançados de processamento de dados. Evidências empíricas indicam que organizações que utilizam estruturas analíticas avançadas demonstram maior capacidade de reconhecer padrões ambientais e formular respostas estratégicas (Rashid et al., 2024). A análise granular de métricas ambientais, viabilizada por sistemas baseados em IA, permite que as empresas superem as limitações tradicionais no processamento de dados ecológicos, viabilizando estratégias de gestão ambiental mais detalhadas e responsivas. Essa sofisticação tecnológica transforma os princípios da RSC em

iniciativas ambientais acionáveis, por meio de processos algorítmicos complexos (Wang et al., 2020). A literatura destaca o surgimento de um paradigma de monitoramento ambiental dinâmico, no qual capacidades analíticas em tempo real permitem a implementação de estratégias ecológicas adaptativas. Esse mecanismo contínuo de *feedback* representa um avanço significativo nas práticas de gestão ambiental, permitindo às empresas calibrar suas iniciativas de RSC com precisão inédita. A integração dessas capacidades tem se mostrado eficaz na otimização de recursos e mitigação de impactos ambientais (Gallo et al., 2023). Além disso, a implementação de estruturas de ABD-IA introduz uma nova dimensão de responsabilidade ambiental por meio de mecanismos sofisticados de rastreamento. Essa infraestrutura tecnológica atua como um elemento intermediário crucial, convertendo compromissos ambientais abstratos em melhorias ecológicas quantificáveis. As capacidades analíticas permitem às organizações documentar rigorosamente seu impacto ambiental, ao mesmo tempo em que identificam oportunidades de intervenção estratégica (Alghamdi & Agag, 2023). A integração dessas capacidades oferece às organizações a infraestrutura necessária para operacionalizar seus compromissos ambientais de forma eficaz. Assim, propomos a seguinte hipótese:

H6: A análise de *big data* com suporte de inteligência artificial media a relação entre a responsabilidade social corporativa e o desempenho ambiental

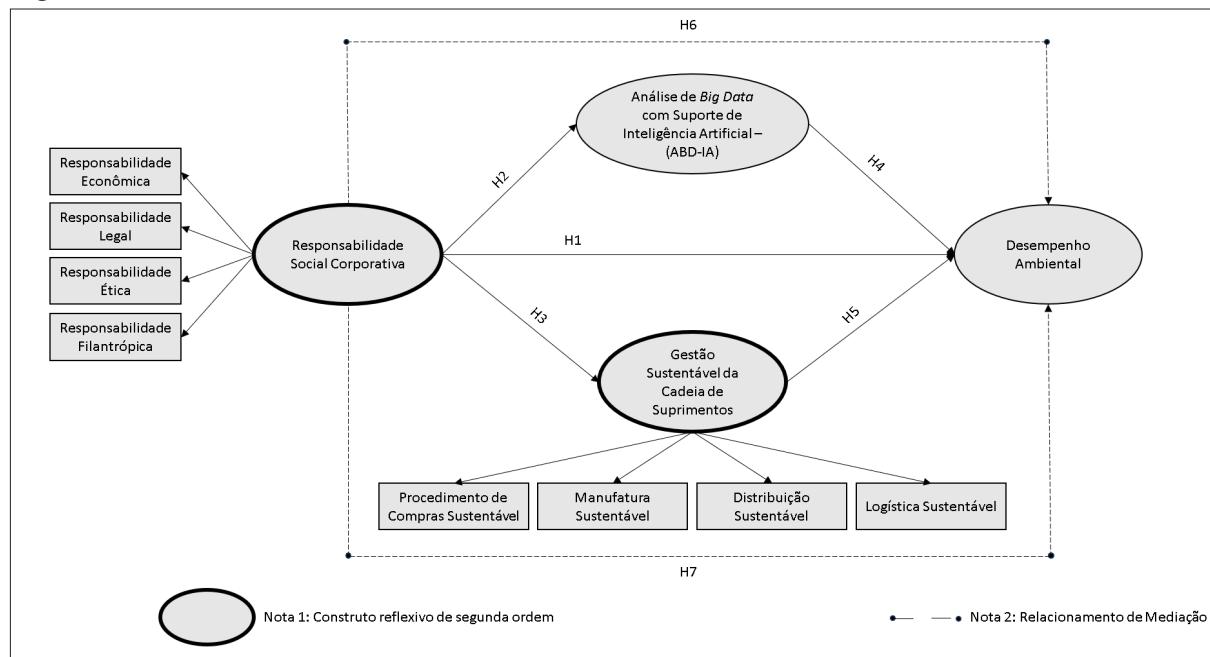
A Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos como variável mediadora

A GSCS configura-se como a espinha dorsal operacional que transforma compromissos ambientais abstratos em melhorias mensuráveis (Wiredu et al., 2024). Por meio da reconfiguração de relações com fornecedores, ajustes nos métodos de produção e reformulação dos canais de distribuição, as organizações constroem caminhos concretos para a melhoria ambiental. Essa transformação ocorre a partir de mudanças cuidadosamente orquestradas em diversos procedimentos operacionais, cada um contribuindo para uma agenda ecológica mais ampla (Baah et al., 2024). O uso de estruturas de GSCS permite às empresas monitorar atentamente os impactos ecológicos ao longo de toda a cadeia de valor, assegurando a conformidade com os princípios da RSC em cada estágio operacional (Khan et al., 2021b). Destaca-se, ainda, que a GSCS promove o desenvolvimento de parcerias estratégicas com *stakeholders* ambientalmente conscientes em toda a rede de suprimentos. Tais colaborações ampliam o impacto dos esforços individuais de sustentabilidade por meio de compromissos compartilhados e ações coordenadas. Pesquisas indicam de forma consistente que organizações fortemente orientadas para a RSC tendem a desenvolver estruturas de GSCS mais robustas, alcançando, como resultado, melhor DA (Gallo et al., 2023). O arcabouço teórico sugere que a GSCS funciona como uma ponte crítica entre estratégias ambientais de alto nível e sua execução operacional. Essa arquitetura oferece a estrutura necessária para converter aspirações ambientais em resultados quantificáveis em cadeias de suprimentos complexas (Wiredu et al., 2024). Ao integrar práticas de GSCS de forma

sistemática, as organizações podem perseguir metas ecológicas sem comprometer a excelência operacional. Assim, propomos a seguinte hipótese:

H7: A gestão sustentável da cadeia de suprimentos media a relação entre a responsabilidade social corporativa e o desempenho ambiental.

Figura 1. Estrutura Teórica



METODOLOGIA

Adotamos aqui uma abordagem de pesquisa voltada ao teste de teoria, para validar as relações hipotéticas, utilizando o arcabouço teórico recomendado por Forza (2002). A pesquisa concentrou-se nas indústrias manufatureiras de Taiwan e empregou uma estratégia abrangente para a seleção da amostra. Para garantir a representatividade de diferentes setores da indústria, foi adotada a técnica de amostragem estratificada, que dividiu o setor em segmentos distintos, refletindo sua diversidade interna. Em seguida, as empresas foram selecionadas aleatoriamente dentro de cada estrato, de modo a assegurar uma representação equitativa e minimizar vieses decorrentes de um processo de seleção não diversificado.

O instrumento de pesquisa avaliou o grau de concordância dos respondentes com cada afirmação, por meio de uma escala Likert de sete pontos, na qual 1 indicava forte discordância, 7 indicava forte concordância e 4 representava uma posição neutra. Os itens relacionados à GSCS foram adaptados do estudo de Khan et al. (2021a), com pequenas modificações para esta pesquisa. Os itens referentes à ABD-IA foram extraídos do trabalho de Bag et al. (2022), enquanto

os itens de PE foram ajustados com base no estudo de Benzidia et al. (2021). Já os itens de RSC foram extraídos de Chen et al. (2021).

A clareza e a relevância das perguntas foram avaliadas por meio de um processo de pré-teste, seguindo as recomendações de Forza (2002) para o desenvolvimento de instrumentos de pesquisa de alta qualidade. Foi realizada uma abordagem de teste piloto em duas etapas, para aprimorar ainda mais a eficácia do questionário. Na primeira etapa, pares acadêmicos revisaram o instrumento para verificar sua aderência aos objetivos do estudo. Na etapa seguinte, foram coletadas opiniões de 60 respondentes-alvo sobre a comprehensibilidade e relevância das perguntas, assegurando a adequação do instrumento à coleta de dados. A aplicação da pesquisa ocorreu por meio de um questionário online, administrado por uma agência especializada. O instrumento, composto por perguntas fechadas, foi enviado por e-mail a profissionais da área. A amostra final contou com 196 gerentes de nível médio e sênior, resultando em uma taxa de resposta de 93,1%.

ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram avaliados em duas etapas, utilizando a metodologia de mínimos quadrados parciais (*partial least squares* – PLS). Inicialmente, foram avaliadas a validade e a confiabilidade dos construtos e do modelo, incluindo a análise da validade das variáveis (Anderson & Gerbing, 1988). Na fase seguinte, foram examinadas as relações entre as variáveis e as hipóteses.

Validade convergente e discriminante

A estrutura de pesquisa utiliza um modelo de construtos hierárquico que incorpora construtos de primeira e segunda ordem. Os construtos de primeira ordem compreendem ABD-IA e DA, que são medidos diretamente. O modelo também incorpora dois construtos de segunda ordem: GSCS e RSC. A GSCS é um construto de ordem superior composto por quatro dimensões distintas, mas inter-relacionadas: manufatura sustentável, logística sustentável, procedimento de compras sustentável e distribuição sustentável. Da mesma forma, a RSC é operacionalizada como um construto de segunda ordem, que abrange quatro dimensões fundamentais: responsabilidade econômica, responsabilidade filantrópica, responsabilidade ética e responsabilidade legal. Essa estrutura hierárquica permite um exame mais detalhado das complexas relações entre esses construtos, mantendo a parcimônia teórica e o rigor metodológico.

A validade convergente foi avaliada para garantir a confiabilidade interna dos construtos. As cargas fatoriais dos itens de pesquisa ultrapassaram o valor de 0,7 e foram consideradas confiáveis (Fornell & Larcker, 1981). A confiabilidade dos valores de alfa de Cronbach foi confirmada, pois ultrapassaram o limite de 0,7 (Hongsuchon et al., 2023). Os valores de confiabilidade composta (CC) e Rho_A para cada construto ultrapassaram 0,7 e, portanto, foram significativos (Chin & Newsted, 1999). Os valores de variância média extraída (AVE) variam de 0,696 a 0,872, superiores a 0,5 e demonstram validade convergente aceitável, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Confiabilidade e Validade dos Construtos

Construtos	Itens da pesquisa	Carga Fatorial	Alfa de Cronbach	Rho_A	CC	AVE
ABD-IA	ABD-IA1	0,854	0,951	0,954	0,958	0,696
	ABD-IA2	0,866				
	ABD-IA3	0,862				
	ABD-IA4	0,881				
	ABD-IA5	0,875				
	ABD-IA6	0,850				
	ABD-IA7	0,755				
	ABD-IA8	0,758				
	ABD-IA9	0,815				
	ABD-IA10	0,814				
ECO	ECO1	0,907	0,951	0,951	0,965	0,872
	ECO2	0,952				
	ECO3	0,940				
	ECO4	0,937				
ETI	ETI1	0,897	0,790	0,797	0,877	0,703
	ETI2	0,942				
	ETI3	0,893				
LEG	LEG1	0,862	0,897	0,898	0,936	0,830
	LEG2	0,849				
	LEG3	0,803				
FIL	FIL1	0,822	0,856	0,858	0,913	0,778
	FIL2	0,910				
	FIL3	0,912				
DA	DA1	0,933	0,960	0,962	0,969	0,862
	DA2	0,941				
	DA3	0,911				
	DA4	0,936				
	DA5	0,921				
DS	SD1	0,958	0,987	0,987	0,989	0,917
	SD2	0,977				
	SD3	0,966				
	SD4	0,971				
	SD5	0,960				
	SD6	0,969				
	SD7	0,910				
	SD8	0,947				
LS	SL1	0,917	0,896	0,897	0,936	0,829
	SL2	0,939				
	SL3	0,875				
MS	SM1	0,856	0,880	0,881	0,926	0,807
	SM2	0,930				
	SM3	0,906				
PCS	SP1	0,886	0,924	0,924	0,946	0,815
	SP2	0,908				
	SP3	0,924				
	SP4	0,892				
RSC (Segunda ordem)	ECO	0,934	0,928	0,930	0,938	0,539
	ETHI	0,910				
	LEG	0,838				
	PHI	0,881				
GSCS (Segunda ordem)	SD	0,957	0,952	0,953	0,957	0,557
	SL	0,910				
	SM	0,897				
	SP	0,902				

Nota: ABD-IA = Análise de big data com suporte da inteligência artificial; ECO = Responsabilidade econômica; ETI = Responsabilidade ética; LEG = Responsabilidade legal; FIL = Responsabilidade filantrópica; DA = Desempenho Ambiental; DS = Distribuição sustentável, MS = Manufatura sustentável; LS = Logística sustentável; PCS = Procedimento de compras sustentável; RSC = Responsabilidade social corporativa; GSCS = Gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

A validade discriminante dos construtos foi avaliada utilizando o critério de Fornell-Larcker. Essa abordagem envolveu o uso das raízes quadradas da AVE para cada construto. Os dados da Tabela 2 revelam diferenças significativas entre os indicadores associados a cada construto e os demais indicadores.

Tabela 2. Critério Fornell-Larcker

Construtos	ABD-IA	RSC	ECO	DA	ETI	DS	LS	MS	PCS	GSCS	LEG	FIL
ABD-IA	0,834											
RSC	0,651	0,734										
ECO	0,593	0,846	0,934									
DA	0,167	0,226	0,144	0,928								
ETI	0,681	0,856	0,728	0,150	0,839							
DS	0,214	0,380	0,319	0,433	0,318	0,957						
LS	0,587	0,698	0,571	0,315	0,607	0,473	0,911					
MS	0,585	0,715	0,569	0,330	0,598	0,547	0,700	0,898				
PCS	0,846	0,689	0,676	0,178	0,694	0,286	0,602	0,621	0,903			
GSCS	0,597	0,701	0,603	0,425	0,622	0,844	0,793	0,838	0,688	0,746		
LEG	0,427	0,778	0,421	0,205	0,542	0,296	0,497	0,606	0,416	0,516	0,911	
FIL	0,408	0,793	0,473	0,265	0,532	0,311	0,620	0,583	0,422	0,547	0,697	0,882

Nota: ABD-IA = Análise de big data com suporte da inteligência artificial; ECO = Responsabilidade econômica; ETI = Responsabilidade ética; LEG = Responsabilidade legal; FIL = Responsabilidade filantrópica; DA = Desempenho Ambiental; DS = Distribuição sustentável, MS = Manufatura sustentável; LS = Logística sustentável; PCS = Procedimento de compras sustentável; RSC = Responsabilidade social corporativa; GSCS = Gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

O estudo testou a aderência do modelo (*goodness of fit* – GOF) utilizando a abordagem proposta por Tenenhaus et al. (2005), que oferece uma avaliação geral da qualidade da estrutura proposta, sendo calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$GOF = \sqrt{AVE} \times \sqrt{R^2} = \sqrt{0.8109} \times \sqrt{0.5785} = 0.684 \quad (1)$$

De acordo com as diretrizes estabelecidas por Wetzels et al. (2009), um valor de GOF de 0,684 é normalmente considerado indicativo de um ajuste forte do modelo dentro da estrutura do PLS.

Resultados empíricos

Este estudo explorou as relações propostas e testou suas hipóteses usando um modelo PLS internamente. Os coeficientes de caminho foram usados para medir a força dessas relações. Além

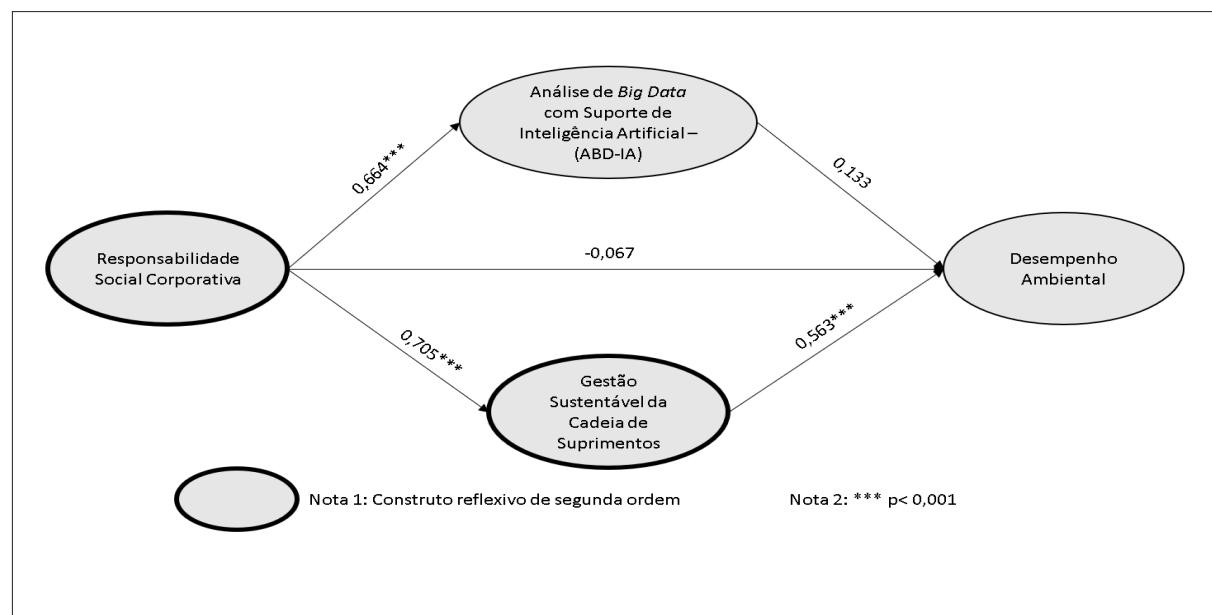
disso, o método de reamostragem *bootstrapping* foi usado para atingir níveis de significância confiáveis para esses coeficientes de caminho. Os resultados relacionados às hipóteses da pesquisa são apresentados na Tabela 3 e na Figura 2. A RSC teve impacto significativo na ABD-IA ($\beta = 0,664$, T-valor = 5,297) e na GSCS ($\beta = 0,705$, T-valor = 16,944), mas não apresentou relação significativa com o DA ($\beta = -0,067$, T-valor = 0,662). Além disso, a GSCS impactou significativamente o DA ($\beta = 0,563$, T-valor = 4,307), enquanto a ABD-IA **não apresentou relação significativa com o DA** ($\beta = -0,133$, T-valor = 0,578).

Tabela 3. Resultados Empíricos

Hipóteses	Coeficiente de caminho (β)	T-valor	P-valor
H1: RSC → DA	-0,067	0,662	0,508
H2: RSC → ABD-IA	0,664	5,297	0,000
H3: RSC → GSCS	0,705	16,944	0,000
H4: ABD-IA → DA	-0,133	0,578	0,564
H5: GSCS → DA	0,563	4,307	0,000

Nota: ABD-IA = Análise de big data com suporte da inteligência artificial; DA = Desempenho Ambiental; RSC = Responsabilidade social corporativa; GSCS = Gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

Figura 2. Resultados Empíricos



Os efeitos indiretos do estudo são apresentados na Tabela 4. De acordo com os resultados, a ABD-IA ($\beta = -0,103$, valor T = 0,458) **não é um construto mediador significativo entre a relação entre RSC e DA**. Já a GSCS ($\beta = 0,396$, valor T = 4,258) é **um mediador significativo na associação entre RSC e DA**.

Tabela 4. Efeitos Indiretos

Relacionamentos Indiretos	Coeficiente de caminho (β)	T-valor	P-valor
H6: RSC → ABD-IA → DA	-0,103	0,458	0,647
H7: RSC → GSCS → DA	0,396	4,258	0,000

Nota: ABD-IA = Análise de big data com suporte da inteligência artificial; DA = Desempenho Ambiental; RSC = Responsabilidade social corporativa; GSCS = Gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

Por fim, de acordo com os resultados dos efeitos totais do PLS, a RSC tem um efeito total significativo sobre o DA ($\beta = 0,293$, valor T = 2,539), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Efeitos Totais

Efeito Total	Coeficiente de caminho (β)	T-valor	P-valor
RSC → DA	0,293	2,539	0,011

Nota: RSC = Responsabilidade social corporativa; DA = Desempenho ambiental.

DISCUSSÃO

Comparação com outros estudos

A investigação empírica revela uma relação inesperada e não significativa entre a responsabilidade social corporativa (RSC) e o desempenho ambiental (DA) no setor manufatureiro de Taiwan, representando uma divergência considerável em relação à literatura, o que justifica um exame teórico e contextual cuidadoso. O foco do setor manufatureiro na eficiência operacional e na competitividade de custos pode gerar pressões institucionais que fazem com que requisitos financeiros de curto prazo substituam potenciais investimentos ambientais, apesar do seu valor estratégico de longo prazo. O contexto cultural, profundamente enraizado em valores confucionistas que enfatizam estruturas hierárquicas e aversão ao risco, pode influenciar significativamente os mecanismos de implementação da RSC, atenuando seu impacto direto sobre os resultados ambientais. Esses achados contrastam com o estudo de [Bhat et al. \(2024\)](#), que fundamentou a teoria da Visão Baseada em Recursos (VBR) ao demonstrar relações positivas entre RSC e DA em organizações industriais. Essa diferença nos resultados sugere a presença de fatores intermediários críticos, como a capacidade de aprendizagem organizacional e as capacidades de inovação verde, na mediação da relação entre a RSC e o DA, conforme identificado por [Úbeda-García et al. \(2022\)](#). Essa tensão teórica destaca a necessidade de uma estrutura analítica mais refinada, que leve em conta o contexto institucional, a dinâmica cultural e as características organizacionais nas análises de desempenho ambiental. Os resultados ressaltam a complexidade da implementação da RSC em diferentes contextos culturais e institucionais, sugerindo que a universalidade das relações entre RSC e DA pode precisar ser reconsiderada dentro de limites contextuais específicos.

Além disso, a pesquisa destaca relações significativas entre a RSC, a análise de *big data* com suporte de inteligência artificial (ABD-IA) e a gestão sustentável da cadeia de suprimentos (GSCS), alinhando-se aos resultados de Wang et al. (2020), que, com base na Teoria dos Stakeholders, demonstraram uma influência positiva da RSC sobre a GSCS no setor manufatureiro.

A análise empírica revela duas descobertas fundamentais que merecem exame teórico aprofundado: enquanto a GSCS apresenta um impacto positivo significativo sobre o DA, a ABD-IA não demonstra efeito direto significativo sobre o DA. Esses resultados contrastam com a pesquisa de Gallo et al. (2023), que estabeleceu uma influência positiva da ABD-IA sobre a GSCS e o DA dentro de uma estrutura de mediação moderada. Esse estudo identificou, especificamente, a GSCS como um mecanismo de mediação crucial entre ABD-IA e DA, e destacou o comprometimento da alta gerência como fator moderador relevante na relação entre a ABD-IA e o DA.

A relação direta não significativa entre ABD-IA e DA pode ser atribuída a lacunas na maturidade tecnológica prevalentes no setor manufatureiro. Embora a ABD-IA detenha um potencial substancial para aprimoramento ambiental, sua eficácia parece depender de diversos elementos fundamentais, incluindo: qualidade dos dados e prontidão da infraestrutura, competência e capacitação da força de trabalho técnica, preparação para mudanças organizacionais e alinhamento estratégico das iniciativas tecnológicas. Os resultados sugerem que a influência da ABD-IA pode se manifestar de maneira mais eficaz como fator moderador, potencialmente amplificando a efetividade de iniciativas ambientais existentes, em vez de afetar diretamente o DA. Essa interpretação está alinhada ao modelo de maturidade da capacidade tecnológica, que indica que soluções tecnológicas avançadas requerem bases organizacionais robustas para produzir os resultados esperados. Além disso, o estudo indica que a eficácia dessas relações pode estar condicionada a múltiplas variáveis moderadoras, como o porte organizacional e a capacidade de recursos, as características do subsetor industrial, a orientação para exportação, os acordos de colaboração internacional, a maturidade da infraestrutura tecnológica e as capacidades de aprendizagem organizacional. Essa complexa rede de relações reforça a necessidade de um arcabouço teórico mais detalhado para captar a intrincada interação entre capacidades tecnológicas, características organizacionais e DA. Os resultados contribuem para o debate acadêmico em andamento sobre o papel da transformação digital na sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo em que destacam a importância de considerar o contexto e as capacidades organizacionais na adoção e implementação de tecnologias.

Implicações teóricas

Este estudo apresenta diversas contribuições teóricas. Embora estudos anteriores tenham destacado o papel crescente da ABD-IA nas atividades gerenciais e na gestão operacional (Chen et al., 2024a; Rashid et al., 2024), pouco se sabe sobre seu papel mediador no impacto da RSC sobre o DA. Aqui, oferecemos uma análise aprofundada de como os esforços de RSC

impactam indiretamente o DA, preenchendo lacunas identificadas em estudos anteriores, que, frequentemente, abordavam essas interações de forma isolada.

Com base na teoria da VBR (Razzaque et al., 2024), a presente pesquisa demonstra como a implantação estratégica de recursos organizacionais, por meio da GSCS, gera vantagens competitivas sustentáveis. Os resultados revelam que a GSCS atua como um mecanismo mediador crítico entre as iniciativas de RSC e o DA, estendendo a teoria da VBR para além da suposição tradicional de que a mera posse de recursos é suficiente para impulsionar vantagem competitiva.

Além disso, o estudo expande a VBR ao investigar como as empresas transformam iniciativas intangíveis de RSC em resultados ambientais tangíveis por meio da expertise na cadeia de suprimentos. A pesquisa mostra que a integração entre RSC, GSCS e ABD-IA gera vantagens de mercado únicas. Mais do que a simples posse de recursos, os achados destacam o papel essencial da orquestração estratégica. Este trabalho evidencia como as capacidades organizacionais alinhadas promovem a liderança ambiental e a vantagem competitiva.

Sob a lente da Teoria das Capacidades Dinâmicas (TCD) (Bag et al., 2022), posicionamos a GSCS como um mecanismo mediador fundamental na conversão de capacidades organizacionais em resultados de DA. A pesquisa avança a TCD ao demonstrar como a GSCS favorece a adaptabilidade operacional e a capacidade de resposta da cadeia de suprimentos, especialmente por meio da interação sinérgica com capacidades avançadas de processamento de dados.

A pesquisa também expande a TCD ao explorar inovações em gestão ambiental. Mostra-se como a convergência entre cadeias de suprimentos sustentáveis e análises baseadas em IA promove a adaptabilidade organizacional. Ao examinar práticas do setor, este estudo evidencia a evolução contínua das capacidades ambientais, à medida que as empresas respondem a desafios ecológicos. A investigação empírica demonstra como as organizações desenvolvem estratégias ambientais robustas por meio de aprendizado contínuo e flexibilidade estratégica.

Além disso, o estudo revela novas perspectivas sobre os processos pelos quais a RSC influencia o DA, indicando que essa influência não é linear, mas é substancialmente amplificada quando as organizações utilizam análises de dados avançadas e adotam metodologias sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos. A pesquisa também oferece novos *insights* sobre os fatores contextuais que influenciam a eficácia das iniciativas de sustentabilidade. A análise do setor manufatureiro de Taiwan revela que os contextos institucionais e culturais desempenham um papel crucial na configuração da relação entre capacidades organizacionais e desempenho ambiental. Com isso, o estudo amplia as teorias existentes ao introduzir limites contextuais que afetam a aplicabilidade e eficácia da VBR e da TCD em diferentes cenários industriais e geográficos.

Implicações práticas

O estudo oferece *insights* práticos valiosos para tomadores de decisão nas organizações. Os resultados sugerem que os gestores devem integrar iniciativas de RSC a análises avançadas e a práticas sustentáveis da cadeia de suprimentos, em vez de tratar a RSC como um programa

isolado. Ao identificar a ABD-IA e a GSCS como facilitadores-chave do DA, a pesquisa fornece orientações concretas para a alocação de recursos e a implementação estratégica de iniciativas de sustentabilidade.

Os achados oferecem subsídios açãoáveis para organizações que buscam aprimorar seu DA. Em vez de adotar iniciativas de RSC de forma isolada, o estudo enfatiza a importância estratégica de investir em capacidades avançadas de processamento de informações e na GSCS (Bhat et al., 2024; Gallo et al., 2023). Essa abordagem integrada cria uma estrutura prática para alinhar metas de sustentabilidade aos processos operacionais, fortalecendo, em última instância, a posição competitiva das organizações em mercados voltados à sustentabilidade.

A pesquisa demonstra como a integração de abordagens orientadas por dados com operações sustentáveis permite às organizações alcançar melhorias ambientais significativas, por meio da redução das emissões de carbono, maior eficiência no uso de recursos e minimização de resíduos. Ao enfatizar a GSCS, o estudo mostra como os benefícios ambientais ultrapassam as fronteiras organizacionais, influenciando redes mais amplas e ampliando o impacto geral das iniciativas de sustentabilidade nos ecossistemas industriais.

Os resultados da pesquisa estão fortemente alinhados com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (Dantas et al., 2021), notadamente o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), ao defender práticas de GSCS e aprimorar o DA por meio de métodos baseados em dados. Além disso, o estudo contribui indiretamente para o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), ao promover práticas industriais sustentáveis e melhorar a eficiência operacional, o que tende a estimular a geração de empregos e a reforçar a estabilidade econômica. Do ponto de vista social, o foco em iniciativas de RSC fortalece o relacionamento com as comunidades, contribuindo para o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao abordar questões de saúde ambiental decorrentes dos processos industriais.

Implicações econômicas

Os resultados demonstram o valor econômico gerado quando as empresas integram a RSC e a ABD-IA em suas estruturas de GSCS. O setor de semicondutores exemplifica esses benefícios por meio de iniciativas alinhadas aos ODS. Um exemplo notável é o da empresa taiwanesa de semicondutores TSMC, que recuperou 10.000 toneladas métricas de cobre, evidenciando como práticas de economia circular (ODS 12) não apenas reduzem custos, mas também impulsionam o DA (Yin & Yang, 2025). Iniciativas de otimização energética, alinhadas ao ODS 13, contribuíram para a redução de despesas operacionais, por meio de métodos de produção sustentáveis (Dantas et al., 2021). Ao incorporar métricas de sustentabilidade às medidas de desempenho da GSCS, a pesquisa confirma que operações orientadas pelos ODS promovem, simultaneamente, o aprimoramento do DA e a eficiência econômica (Khan et al., 2021b).

Do ponto de vista econômico, organizações que investem em RSC e ABD-IA estão estrategicamente posicionadas para explorar oportunidades em mercados em expansão. Com

o aumento da demanda por produtos sustentáveis, empresas proativas na implementação de RSC e com competências analíticas avançadas são capazes de acessar novos segmentos de mercado e atrair consumidores que priorizam produtos ecologicamente responsáveis (Ujjwal et al., 2023).

Limitações e direções para futuras pesquisas

A presente pesquisa apresenta limitações metodológicas e conceituais que merecem consideração cuidadosa e apontam caminhos promissores para investigações acadêmicas futuras. Uma limitação central reside na conceituação teórica da função mediadora da ABD-IA na relação entre a RSC e o DA. Embora a estrutura da pesquisa tenha sido fundamentada em literatura consolidada, que aponta para a capacidade da ABD-IA de transformar iniciativas de RSC em resultados ecológicos quantificáveis (Bose et al., 2025; Gallo et al., 2023), os resultados empíricos indicam a existência de mecanismos subjacentes potencialmente mais sutis.

Pesquisas futuras podem explorar de forma produtiva o papel da ABD-IA como uma variável moderadora, examinando como diferentes níveis de capacidade analítica influenciam a força e a direção das relações entre a RSC e o DA. Essa abordagem teórica alternativa alinha-se a perspectivas emergentes na pesquisa organizacional, que sugerem que a ABD-IA pode atuar de forma mais eficaz como uma infraestrutura tecnológica facilitadora em contextos de sustentabilidade, amplificando as relações existentes entre a RSC e o DA.

Os resultados empíricos, especialmente o efeito mediador não significativo, sugerem que analisar a ABD-IA de forma isolada da GSCS, pode obscurecer seu papel fundamental como facilitadora tecnológica das iniciativas de sustentabilidade na cadeia de suprimentos. Assim, pesquisas futuras poderiam reconceituar a ABD-IA como um mecanismo de aprimoramento inserido na estrutura da GSCS, em vez de tratá-la como uma variável mediadora independente.

Quanto às limitações metodológicas, embora o tamanho da amostra atenda aos requisitos mínimos para a análise PLS-SEM, há restrições no que se refere à generalização dos resultados. Apesar da utilização de procedimentos estatísticos robustos e da obtenção de índices de ajuste de modelo adequados, futuros estudos podem ampliar o tamanho da amostra para aumentar o poder estatístico e a validade externa. As características da amostra também limitaram a realização de análises mais detalhadas por subgrupos, que poderiam revelar padrões específicos de setores ou variações setoriais nas relações entre RSC, ABD-IA e DA.

Uma limitação importante deste estudo é a ausência de análises de sensibilidade por meio da reespecificação de modelos para validar a robustez dos resultados. Pesquisas futuras devem preencher essa lacuna conduzindo análises de sensibilidade mais abrangentes, incluindo especificações alternativas de modelo, diferentes técnicas de estimação e suposições paramétricas diversas. Tais análises podem testar diferentes combinações de relações de mediação, adicionar variáveis de controle ou empregar métodos estatísticos alternativos. Essas verificações de robustez podem fortalecer a validade dos resultados e aumentar a confiança nas relações identificadas entre RSC, ABD-IA, GSCS e DA.

REFERÊNCIAS

- Abbas, J. (2024). Green supply chain management and firm sustainable performance: Unlocking the role of transactional and transformational leadership in firm sustainable operations. *Environment, Development and Sustainability*, 1-20. v. n. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05035-0>
- Akremi, A. El, Gond, J.-P., Swaen, V., Roeck, K. De, & Igalens, J. (2018). How do employees perceive corporate responsibility? Development and validation of a multidimensional corporate stakeholder responsibility scale. *Journal of Management*, 44(2), 619-657. <https://doi.org/10.1177/0149206315569311>
- Albloush, A., Jarrah, M., Alghizzawi, M., Bianchi, P., Alkhatab, A., & Lehyeh, S. (2024). Exploring the moderating role of green human resources and green climate: The impact of corporate social responsibility on environmental performance. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(2), 771-778.
- Alghamdi, O. A., & Agag, G. (2023). Boosting innovation performance through big data analytics powered by artificial intelligence use: An empirical exploration of the role of strategic agility and market turbulence. *Sustainability*, 15(19), 14296. <https://doi.org/10.3390/su151914296>
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>
- Baah, C., Agyabeng-Mensah, Y., Afum, E., & Armas, J. A. L. (2024). Exploring corporate environmental ethics and green creativity as antecedents of green competitive advantage, sustainable production and financial performance: Empirical evidence from manufacturing firms. *Benchmarking: An International Journal*, 31(3), 990-1008. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2022-0352>
- Bag, S., Dhamija, P., Bryde, D. J., & Singh, R. K. (2022). Effect of eco-innovation on green supply chain management, circular economy capability, and performance of small and medium enterprises. *Journal of Business Research*, 141, 60-72. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.011>
- Benzidja, S., Makaoui, N., & Bentahar, O. (2021). The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120557. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120557>
- Bhat, A. A., Mir, A. A., Allie, A. H., Lone, M. A., Al-Adwan, A. S., Jamali, D., & Riyaz, I. (2024). Unlocking corporate social responsibility and environmental performance: Mediating role of green strategy, innovation, and leadership. *Innovation and Green Development*, 3(2), 100112. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100112>
- Bonsu, M. O.-A., Guo, Y., & Zhu, X. (2024). Does green innovation mediate corporate social responsibility and environmental performance? Empirical evidence from emerging markets. *Journal of Applied Accounting Research*, 25(2), 221-239. <https://doi.org/10.1108/JAAR-10-2022-0271>
- Bose, I., Srivastava, A., Sharma, V., Tripathi, S., & Singh, Y. (2025). Data-Driven insights into CSR influence on ethical ai development: A quantitative approach. In *Corporate Social responsibility approaches to ethical ai in business* (pp. 247-262). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3478-2.ch013>

- Carroll, A. B. (1991). The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. *Business Horizons*, 34(4), 39-48.
- Chen, C.-C., Khan, A., Hongsuchon, T., Ruangkanjanases, A., Chen, Y.-T., Sivarak, O., & Chen, S.-C. (2021). The role of corporate social responsibility and corporate image in times of crisis: The mediating role of customer trust. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8275. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168275>
- Chen, C.-T., Chen, S.-C., Khan, A., Lim, M. K., & Tseng, M.-L. (2024a). Antecedents of big data analytics and artificial intelligence adoption on operational performance: the ChatGPT platform. *Industrial Management & Data Systems*, 124(7), 2388-2413. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2023-0778>
- Chen, C.-T., Khan, A., & Chen, S.-C. (2024b). Modeling the impact of BDA-AI on sustainable innovation ambidexterity and environmental performance. *Journal of Big Data*, 11(1), 1-28. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00995-6>
- Chen, H.-Y., Lin, M.-C., & Lin, Z.-H. (2024c). Do corporate social responsibility activities enhance firm value? An empirical evidence from Taiwan. *Cogent Economics & Finance*, 12(1), 2344228. <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2344228>
- Chin, W. W., & Newsted, P. R. (1999). Structural equation modeling analysis with small samples using partial least squares. *Statistical Strategies for Small Sample Research*, 1(1), 307-341.
- Dai, X., Siddik, A. B., & Tian, H. (2022). Corporate social responsibility, green finance and environmental performance: Does green innovation matter? *Sustainability*, 14(20), 13607. <https://doi.org/10.3390/su142013607>
- Dang, X., Liu, L., Deng, X., & Mao, H. (2024). Does employee participation in corporate social responsibility activities improve the environmental performance of international engineering contractors? *Environment, Development and Sustainability*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04697-0>
- Dantas, T. E. T., de-Souza, E. D., Destro, I. R., Hammes, G., Rodriguez, C. M. T., & Soares, S. R. (2021). How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 213-227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Feng, Y., Zhu, Q., & Lai, K.-H. (2017). Corporate social responsibility for supply chain management: A literature review and bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 158, 296-307. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.018>
- Flammer, C., & Luo, J. (2017). Corporate social responsibility as an employee governance tool: Evidence from a quasi-experiment. *Strategic Management Journal*, 38(2), 163-183. <https://doi.org/10.1002/smj.2492>
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- Forza, C. (2002). Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 152-194. <https://doi.org/10.1108/01443570210414310>

- Gallo, H., Khadem, A., & Alzubi, A. (2023). The relationship between Big data analytic-artificial intelligence and environmental performance: A moderated mediated model of Green Supply Chain Collaboration (GSCC) and Top Management Commitment (TMC). *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2023(1), 4980895. <https://doi.org/10.1155/2023/4980895>
- Hongsuchon, T., Rahardja, U., Khan, A., Wu, T.-H., Hung, C.-W., Chang, R.-H., Hsu, C.-H., Chen, S.-C. (2023). Brand Experience on brand attachment: The role of interpersonal interaction, feedback, and advocacy. *Emerging Science Journal*, 7(4), 1232-1246. <http://dx.doi.org/10.28991/ESJ-2023-07-04-014>
- Huang, X., Yang, S., & Shi, X. (2021). How corporate social responsibility and external stakeholder concerns affect green supply chain cooperation among manufacturers: An interpretive structural modeling analysis. *Sustainability*, 13(5), 2518. <https://doi.org/10.3390/su13052518>
- Khan, A., Chen, C.-C., Lu, K.-H., Wibowo, A., Chen, S.-C., & Ruangkanjanases, A. (2021a). Supply chain ambidexterity and green SCM: Moderating Role of network capabilities. *Sustainability*, 13(11), 5974. <https://doi.org/10.3390/su13115974>
- Khan, A., Chen, C.-C., Suanpong, K., Ruangkanjanases, A., Kittikowit, S., & Chen, S.-C. (2021b). The impact of CSR on sustainable innovation ambidexterity: The mediating role of sustainable supply chain management and second-order social capital. *Sustainability*, 13(21), 12160. <https://doi.org/10.3390/su132112160>
- Laguir, I., Modgil, S., Gupta, S., Kumar, S., & Stekelorum, R. (2024). Supply chain dynamism and ambidexterity for sustainable performance. *Production Planning & Control*, 1-18.
- Li, M. (2023). Green governance and corporate social responsibility: The role of big data analytics. *Sustainable Development*, 31(2), 773-783. <https://doi.org/10.1002/sd.2418>
- Lina, L. F., Ramadhan, M. I., Nani, D. A., & Clararia. (2024). Sustainability, big data, and corporate social responsibility evidence from the tourism industry: by Mohammed El Amine Abdelli, Nadia Mansour, Atilla Akbaba, and Enric Serradell-Lopez, CRC Press, In: Taylor & Francis.
- Lu, J., Ren, L., Zhang, C., Rong, D., Ahmed, R. R., & Streimikis, J. (2020). Modified Carroll's pyramid of corporate social responsibility to enhance organizational performance of SMEs industry. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122456. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122456>
- Luo, J., Bi, M., & Kuang, H. (2021). Design of evaluation scheme for social responsibility of China's transportation enterprises from the perspective of green supply chain management. *Sustainability*, 13(6), 3390. <https://doi.org/10.3390/su13063390>
- Nguyen, T. H., Van, H. V., Afifa, M. A., & Nguyen, N. M. (2024). Environmental corporate social responsibility and environmental performance: The role of green human resource management and green transformational leadership. *Global Business Review*, 09721509241226576. <https://doi.org/10.1177/09721509241226576>
- Pai, V., & Chandra, S. (2022). Exploring factors influencing organizational adoption of artificial intelligence (AI) in corporate social responsibility (CSR) initiatives. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 14(5), 4. <https://doi.org/10.17705/1pais.14504>
- Rashid, A., Baloch, N., Rasheed, R., & Ngah, A. H. (2024). Big data analytics-artificial intelligence and sustainable performance through green supply chain practices in manufacturing firms of a developing country. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 16(1), 42-67. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-04-2023-0050>

- Razzaque, A., Lee, I., & Mangalaraj, G. (2024). The effect of entrepreneurial leadership traits on corporate sustainable development and firm performance: A resource-based view. *European Business Review*, 36(2), 177-200. <https://doi.org/10.1108/EBR-03-2023-0076>
- Seman, N. A. A., Govindan, K., Mardani, A., Zakuan, N., Saman, M. Z. M., Hooker, R. E., & Ozkul, S. (2019). The mediating effect of green innovation on the relationship between green supply chain management and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 229, 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.211>
- Shou, Y., Zhao, X., Dai, J., & Xu, D. (2021). Matching traceability and supply chain coordination: Achieving operational innovation for superior performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 145, 102181. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102181>
- Tao, Y.-T., Lin, M.-D., & Khan, A. (2022). The impact of CSR on green purchase intention: Empirical evidence from the green building Industries in Taiwan. *Frontiers in Psychology*, 13, 1055505. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1055505>
- Tenenhaus, M., Vinzi, V. E., Chatelin, Y.-M., & Lauro, C. (2005). PLS path modeling. *Computational Statistics & Data Analysis*, 48(1), 159-205.
- Thong, K.-C., & Wong, W.-P. (2018). Pathways for sustainable supply chain performance: Evidence from a developing country, Malaysia. *Sustainability*, 10(8), 2781. <https://doi.org/10.3390/su10082781>
- Tian, L., & Wang, Q. (2024). Improving mineral mining enterprises environmental performance through corporate social responsibility practices in China: Implications for minerals policymaking. *Resources Policy*, 88, 104442. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104442>
- Úbeda-García, M., Marco-Lajara, B., Zaragoza-Sáez, P. C., Manresa-Marhuenda, E., & Poveda-Pareja, E. (2022). Green ambidexterity and environmental performance: The role of green human resources. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(1), 32-45. <https://doi.org/10.1002/csr.2171>
- Ujjwal, D., Uniyal, V., Pandey, S., Akram, S. V., Pachouri, V., & Negi, P. (2023). Big data influence on the corporate social responsibility: Benefits and challenges. In 2023 International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN). Ghaziabad, India, 121-125, <https://doi.org/10.1109/CICTN57981.2023.10140910>.
- Wang, C., Zhang, Q., & Zhang, W. (2020). Corporate social responsibility, green supply chain management and firm performance: The moderating role of big-data analytics capability. *Research in Transportation Business & Management*, 37, 100557. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100557>
- Wang, S., Jia, C., Khan, A., Khan, N. H., Chia-Hung, C., Hung, C.-W., & Chen, S.-C. (2025). Big data analytics-artificial intelligence, ambidexterity, and green supplychain management: Implications on responsible economy. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 65(1), 1-20. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020250101>
- Waqas, M., Honggang, X., Ahmad, N., Khan, S. A. R., & Iqbal, M. (2021). Big data analytics as a roadmap towards green innovation, competitive advantage and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 323, 128998. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128998>

Wetzel, M., Odekerken-Schröder, G., & Oppen, C. Van. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Quarterly*, 33(1), 177-195. <https://doi.org/10.2307/20650284>

Wiredu, J., Yang, Q., Sampene, A. K., Gyamfi, B. A., & Asongu, S. A. (2024). The effect of green supply chain management practices on corporate environmental performance: Does supply chain competitive advantage matter? *Business Strategy and the Environment*, 33(3), 2578-2599. <https://doi.org/10.1002/bse.3606>

Yankovskaya, V., Gerasimova, E. B., Osipov, V. S., & Lobova, S. V. (2022). Environmental CSR from the standpoint of stakeholder theory: Rethinking in the era of artificial intelligence. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 953996. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.953996>

Yin, Y., & Yang, Y. (2025). Sustainable transition of the global semiconductor industry: Challenges, strategies, and future directions. *Sustainability*, 17(7), 3160. <https://doi.org/10.3390/su17073160>

Yu, Y., Zhang, M., & Huo, B. (2019). The impact of supply chain quality integration on green supply chain management and environmental performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(9/10), 1110-1125. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1356684>

Zhou, S., Tiruneh, W. A., & Legese, M. A. (2023). The effect of corporate social responsibility on environmental performance: The mediating role of green innovation and green human resource management. *International Journal of Emerging Markets*, 19(11), 3848-3868. <https://doi.org/10.1108/IJEM-02-2022-0211>

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores não têm conflitos de interesse a declarar.

DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Chung-Hao Hsu: Conceitualização, análise formal, Metodologia; Visualização; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição.

Asif Khan: Conceitualização, análise formal, Metodologia; Visualização; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição.