

FUCAPE PESQUISA E ENSINO S/A – FUCAPE RJ

VINICIUS FARIA DE SOUZA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL IMPULSIONADA POR IA E O DESEMPENHO ESG:
Evidências de uma Relação Não Linear e Multifacetada**

RIO DE JANEIRO

2025

VINICIUS FARIA DE SOUZA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL IMPULSIONADA POR IA E O DESEMPENHO ESG:
Evidências de uma Relação Não Linear e Multifacetada**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis e Administração, da Fucape Pesquisa e Ensino S/A – Fucape RJ, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis e Administração – Nível Profissionalizante.

Orientador: Aziz Xavier Beiruth

RIO DE JANEIRO

2025

VINICIUS FARIA DE SOUZA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL IMPULSIONADA POR IA E O DESEMPENHO ESG:
Evidências de uma Relação Não Linear e Multifacetada**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis e Administração da Fucape Pesquisa e Ensino S/A – Fucape RJ, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis e Administração.

Aprovada em 31 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr.: Aziz Xavier Beiruth

Fucape Pesquisa e Ensino S/A

Profº Dr.: Sérgio Augusto Pereira Bastos

Fucape Pesquisa e Ensino S/A

Profº Dr.: Nelson Oliveira Stefanelli

Fucape Pesquisa e Ensino S/A

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (in memoriam), por terem me ensinado que os maiores bens que podemos possuir são o amor e o conhecimento.

À minha esposa, Cassiana Ferreira Simões, pelo apoio e incentivo incondicional em mais esta etapa.

Aos meus filhos, Filipe e Laís Simões, os quais são uma fonte inesgotável de inspiração.

“Eu aprendi que todos querem viver no topo da montanha, mas toda felicidade e crescimento ocorre quando você está escalando-a.”

(H. Jackson Brown Jr.)

RESUMO

Este estudo investiga o impacto da transformação digital no desempenho de sustentabilidade corporativa (ESG) em empresas do mercado emergente brasileiro. Com base na Teoria das Capacidades Dinâmicas, analisamos um painel de 786 empresas listadas na bolsa de valores brasileira (B3) entre 2020 e 2024, utilizando uma abordagem quantitativa. Neste trabalho, o modelo de Yang et al. (2024) foi adaptado para a realidade brasileira, e uma *proxy* para a transformação digital foi construída através da análise de conteúdo dos relatórios anuais de gestão. Empregando modelos de regressão com Efeitos Fixos, os resultados indicam que a transformação digital, por si só, não exerce um impacto direto e estatisticamente significativo no desempenho ESG.

As análises de robustez, conduzidas com a exclusão do ano de 2020 para mitigar o choque da pandemia de COVID-19, reforçam a complexidade desta relação. A pesquisa não encontrou suporte para a hipótese de que a digitalização afeta o ESG por meio de mecanismos internos como inovação verde, transparência e governança. Similarmente, os efeitos moderadores de subsídios governamentais e da experiência profissional do CEO sobre a relação entre inovação verde e ESG não foram evidenciados. Em contraste, embora a inovação verde não atue como mediador da transformação digital, os resultados mostram que outros fatores, como a participação em índices de sustentabilidade (ISE), a própria inovação verde e o escrutínio de analistas, são preditores robustos e significativos do desempenho ESG.

O estudo contribui à literatura ao desafiar a generalização de que a digitalização é um motor automático de melhorias em ESG, destacando a necessidade de pesquisas contextualmente específicas. Para a prática gerencial, os achados sugerem que as empresas devem ir além da simples adoção de tecnologia, focando em estratégias específicas de sustentabilidade e no engajamento com *stakeholders* para obter resultados efetivos em ESG.

Palavras-chave: ESG; transformação digital; inovação verde; capacidade dinâmica.

ABSTRACT

This study investigates the impact of digital transformation on corporate sustainability performance (ESG) in firms from the Brazilian emerging market. Grounded in the Dynamic Capabilities Theory, we analyze a panel of 786 companies listed on the Brazilian stock exchange (B3) between 2020 and 2024, using a quantitative approach. The study innovates methodologically by adapting the model of Yang et al. (2024) for the Brazilian context and constructing a proxy for digital transformation through content analysis of annual management reports. Employing Fixed Effects regression models, the results indicate that digital transformation, by itself, does not exert a direct and statistically significant impact on ESG performance.

Robustness analyses, conducted by excluding the year 2020 to mitigate the shock of the COVID-19 pandemic, reinforce the complexity of this relationship. The research found no support for the hypothesis that digitalization affects ESG through internal mechanisms such as green innovation, transparency, and governance. Similarly, the moderating effects of government subsidies and CEO professional experience on the relationship between green innovation and ESG were not evidenced. In contrast, the results show that other factors, such as participation in sustainability indices (ISE), green innovation itself, and analyst scrutiny, are robust and significant predictors of ESG performance.

The study contributes to the literature by challenging the generalization that digitalization is an automatic driver of ESG improvements, highlighting the need for context-specific research. For managerial practice, the findings suggest that firms must go beyond the mere adoption of technology, focusing on specific sustainability strategies and stakeholder engagement to achieve effective ESG results.

Keywords: ESG; digital transformation; green innovation; dynamic capacity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das Variáveis.....	36
Tabela 2 - Estatística Descritiva das Variáveis.....	40
Tabela 3 - Matriz de Correlações.....	42
Tabela 4 - Regressão FE: Amostra Completa.....	43
Tabela 5 - Regressão FE: Amostra Sem 2020.....	45
Tabela 6 - Regressão FE: Modelos de Interação.....	47
Tabela 7 - Regressão FE: Modelos de Mediação.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 ESG	14
2.2 A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL COMO VANTAGEM COMPETITIVA.....	16
2.2.1 Teoria das capacidades dinâmicas	19
2.3 A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E O PAPEL DA IAGEN	22
2.4 DA HIPÓTESE	25
2.4.1 ESG	25
2.4.2 Efeitos moderadores da análise	27
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	29
3.1 SELEÇÃO DAS AMOSTRAS	29
3.2 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS	30
3.2.1 Variável dependente	30
3.2.2 Variável independente	30
3.2.3 Variáveis de mecanismo	31
3.2.4 Variáveis de moderação	32
3.2.5 Variáveis de controle	33
3.3 MODELO ECNOMÉTRICO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA	36
3.3.1 Modelo Principal (Hipótese H1)	36
3.4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	37
4 ANÁLISE DOS DADOS	40
4.1 CORRELAÇÃO	40
4.2 RESULTADOS DA REGRESSÃO DE FE - AMOSTRA COMPLETA	42
4.3 RESULTADOS DA REGRESSÃO DE FE - AMOSTRA SEM O ANO 2020	43
4.4 MODELOS DE INTERAÇÃO (H2a e H2b).....	45
4.5 MODELOS DE MEDIAÇÃO (DIG -> MECANISMO)	47
4.5.1 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Inovação Verde	47
4.5.2 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Transparência	47
4.5.3 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Governança	47
4.6 ANÁLISES COMPLEMENTARES: MODELO DE TOBIT RE.....	48
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
5.1 DISCUSSÃO DA HIPÓTESE H1	50

5.2 DISCUSSÃO DOS EFEITOS MODERADORES	52
5.3 DISCUSSÃO DOS MECANISMOS DE MEDIAÇÃO	53
5.4 DISCUSSÃO DO TESTE DE ROBUSTEZ	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
6.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	56
6.1.1 Contribuição teórica	56
6.1.2 Contribuição metodológica	57
6.1.3 Contribuição para prática gerencial.....	57
6.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE PESQUISA	58
6.2.1 Limitações da pesquisa	58
6.2.2 Sugestões de pesquisa	59
REFERÊNCIAS	61

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial Generativa (IAGEN) já faz parte do cotidiano (Arguedas & Simon, 2023; Makridrakis, 2017; Pileggi, 2024). Trata-se de um campo da inteligência artificial em criar novos conteúdos, como textos, imagens, áudios e vídeos, a partir de dados existentes (Feuerriegel et al., 2024; Zhang & Kamel, 2023; Kar et al., 2023). O uso dessa tecnologia já pode ser visto em várias áreas (Kar et al., 2023; Saetra, 2023; Widder et al., 2023). Cada vez mais ações são influenciadas por estímulos personalizados, que partem de análises de múltiplos dados altamente calibrados às necessidades, seja para comprar uma roupa, passando por contratar um serviço financeiro até a aquisição de um imóvel (Gupta et al., 2023; Makridrakis, 2017; Pileggi, 2024).

A IAGEN vem proporcionando os avanços em tratamentos, diagnósticos e cuidados na saúde (Zhang & Kamel, 2023; Pileggi, 2024); na indústria, trazendo aplicações tecnológicas que padronizam processos, auxiliando na construção de relatórios e no suporte ao processo decisório (Kar et al., 2023; Kiron, 2022; Schrage et al., 2023). Nas artes, seja visual, sonora ou textual, a IAGEN tem conseguido produzir resultados com um nível de detalhe e criatividade comparáveis aos gerados por humanos (Epstein & Hertzmann, 2023; Makridrakis, 2017).

O potencial da IAGEN pode ser aproveitado no universo empresarial. Bedi et al. (2020) nos apresentam o seu uso como um recurso de fonte de informação, onde as organizações podem aprender sobre o seu mercado, clientes, custos, processos decisórios, etc. Neste diapasão Thibault et al. (2023), trazem à reflexão o impacto nos ecossistemas criativos da sociedade, de tal magnitude que as relações dos

stakeholders necessitam de um realinhamento, em face das mudanças impetradas pela IAGEN (Jankovic & Curovic, 2023).

Ferramentas como ChatGPT e grandes modelos de linguagem (LLM), guiados pela IAGEN, têm impactado a sociedade significativamente (Bhaghat et al., 2022; Gupta et al., 2023; Kar et al., 2023). No entanto, há preocupações sobre segurança, privacidade e uso de dados, especialmente em relação a informações falsas ou distorcidas, que apresentam vulnerabilidades (Gregory, 2023).

Simon et al. (2023) contrapõem essa visão. Eles partem da compreensão que, a ideia de uma propagação disseminada de desinformação faz parte de um temor social exagerado quando se trata de novas tecnologias. Essa visão é compartilhada com Budhwar et al. (2023), que elencam uma série de tecnologias ou inventos disruptivos da humanidade que trouxeram temores e teorias – muito infundadas – de reflexos possíveis ao nosso modo de vida, mas que na prática nos demonstraram que a criação em si não muda a sociedade e os negócios, mas sim pelo uso que a damos.

O cenário atual exige um alto nível de responsabilidade nas práticas e políticas ESG das organizações (Battisti et al., 2021). Segundo Wang & Esperança (2023), o uso consciente, ético e transparente das aplicações baseadas em IAGEN pode gerar valor para a empresa. Isso ocorre à medida que suas práticas ESG são desenvolvidas com base em uma compreensão aprimorada das necessidades de todas as partes interessadas, conforme Jankovic & Curovic (2023).

A conscientização sobre questões ambientais, sociais e de governança (ESG) é uma responsabilidade das organizações (Harraca, 2022). Atualmente, as políticas ESG não são vistas apenas como uma estratégia empresarial, mas como uma dimensão intrínseca que se integra diretamente à missão, aos valores e à visão

institucionais (Vittayavarokit & Damnet, 2024). Há muito tempo, ESG deixou de ser apenas uma formalidade a ser cumprida e passou a ser um tema significativo nas discussões estratégicas das organizações, sendo um aspecto relevante nos planos de negócios (Richter et al., 2022). Todas as ações, atividades ou práticas adotadas pelas organizações devem ser avaliadas sob o prisma ESG, garantindo que a organização compreenda os impactos de suas políticas (Liang et al., 2022).

Compreender a IAGEN como um campo de inovação capaz de proporcionar uma vantagem competitiva duradoura representa um desafio para as empresas na era atual (Mendonça et al., 2018). Sob a ótica da abordagem de capacidade de inovação, a obtenção dessa vantagem competitiva é possível através do desenvolvimento de novos produtos ou soluções alinhados ao posicionamento estratégico (Wang & Ahmed, 2007).

Desta forma, este trabalho visa compreender o impacto da transformação digital no desenvolvimento sustentável corporativo das empresas, tendo a IAGEN como ponto focal. A análise foi feita com empresas listadas na B3 entre os anos de 2020 e 2024, com dados ESG obtidos da plataforma Refinitiv. Com base na perspectiva de Yang et al. (2024), que examinam o contexto global do processo de transformação digital na performance não financeira das empresas, foi construído um dicionário de termos chaves de transformação digital e os correlacionamos com o número de ocorrência nos relatórios anuais de gestão.

A incipiência de estudos que analisam o impacto da transformação digital em indicadores não financeiros (Yang et al., 2024) corrobora a relevância deste estudo. Ele tem uma contribuição prática ao abordar as perspectivas de utilização da IAGEN e suas ferramentas de inovação digital na criação de vantagem competitiva sustentável e na melhoria da performance e do desempenho no mercado financeiro

(Hughes et al., 2023). Além disso, contribui para a construção de políticas de governança onde os *stakeholders* sejam ouvidos, as informações sejam divulgadas de forma mais concisa e os aspectos sociais e legais sejam refletidos (Ziolo et al., 2023).

Alinhado com Yang et al. (2024), este trabalho contribui à literatura em três pontos: analisar o impacto da transformação digital nas empresas em relação ao desempenho não financeiro de ESG; entender o comportamento dos mecanismos internos das empresas quanto à inovação digital sob as perspectivas de inovação verde, transparência da informação e governança interna; e avaliar os efeitos dos subsídios governamentais e dos CEOs na performance ESG.

Capítulo 2

2 REVISÃO DA LITERATURA

Avançar no debate sobre ESG em um contexto de constante inovação tecnológica, com a crescente relevância de tecnologias como a IAGEN, exige uma nova abordagem para analisar e compreender o ambiente (Wang & Esperança, 2023). Diante da necessidade de adaptação, reestruturação e realinhamento de competências e recursos para garantir vantagem competitiva em um cenário de transformação constante, a teoria das capacidades dinâmicas emerge como o *framework* mais adequado para esta análise. (Teece, 2007). Esta teoria é particularmente relevante para organizações que operam em ambientes de constante mudança ou que possuem uma cultura organizacional voltada para a inovação (Eisenhardt & Martin, 2000; Gao et al., 2025).

2.1 ESG

ESG é o acrônimo de Environment (meio ambiente), Social (social) e Governance (governança). Segundo Wang & Esperança (2023), eventos como COVID-19, aquecimento global e crises nos mercados têm impulsionado as políticas ESG. A popularidade do tema preocupa cada vez mais acadêmicos devido aos impactos negativos pela sua inobservância (Fatemi et al., 2018). Nos anos 60, os estudos já abordavam a criação de estratégias e tomada de decisão no uso dos recursos, além da perspectiva financeira (Burnaev et al., 2023).

Fried et al. (2015) afirmam que práticas ESG impactam o desempenho financeiro das empresas (CFP); em um estudo baseado na análise de mais de 2.000 estudos empíricos, encontraram uma relação positiva de mais de 90% entre ESG-

CFP, estável ao longo dos anos, na direção de desempenho sobre valor de mercado. Kaiser (2020) apresentou dados empíricos de empresas que obtêm maior valor de mercado ao adotarem políticas ESG concretas. Inamdar (2024) confirma a existência de uma relação positiva entre ESG e desempenho financeiro, utilizando variáveis como valor da firma, avaliação de ações e custo de capital. Yang, B. & Yang, O. (2022) acrescentam que, além do desempenho financeiro e geração de valor, a adoção de políticas sustentáveis melhora a capacidade operacional corporativa. Battisti et al. (2022), afirmam que programas de venture capital podem melhorar o desempenho da responsabilidade corporativa (RSC) e, simultaneamente, gerar uma vantagem competitiva à empresa.

Liu P. et al. (2022) em um estudo que analisou o impacto de cada um dos pilares ESG, de forma individual, em CFP, concluíram que esta relação pode trazer alto ou baixo desempenho financeiro a depender do pilar observado, tendo resultados expressivos para o pilar “S” em comparação aos pilares “E” e “G”. Essa perspectiva é compartilhada por Rahman et al. (2023) que buscaram analisar o impacto da ESG no desempenho financeiro, quando medidos pelo Retorno Sobre Ativos (ROA) e pelo Q de Tobin. Os autores concluíram que fosse pelo ROA ou Q de Tobin, o impacto é significativo e positivo quando analisado de forma integral, contudo, de forma individual, nem sempre. Cheng et al. (2023) têm também esse entendimento, mas ponderam que o impacto é positivo e mais significativo quando observados os pilares “E” e “S”, em detrimento ao “G”, por este já se encontrar mais consolidado.

A adoção de práticas ESG tem efeitos sobre o valor das empresas. A divulgação dos relatórios com as informações ESG pode influenciar positivamente o valor das empresas (Fatemi et al., 2018; Wang & Esperança, 2023). No entanto, os autores alertam que uma divulgação excessiva pode criar um efeito negativo,

conforme Barrymore (2022), que demonstra que gerentes e investidores são guiados pelas expectativas do mercado e da sociedade em relação ao tema. Suas ações podem causar uma impressão de *greenwashing* nas informações divulgadas, seja por desinformação dos investidores, ou pela falta de orientação adequada ao tema por parte dos gerentes.

De acordo com Harraca (2022, Cap. IV, p.74), incorporar práticas ESG ao propósito da organização é vital, pois empresas devem ser sustentáveis desde sua criação. Rajesh (2020) afirma que sustentabilidade significa atender às necessidades atuais sem comprometer as futuras, integrando os pilares ESG. Mohammad & Wasiuzzaman (2021) mostram que empresas que adotaram a sustentabilidade como objetivo obtiveram melhores resultados financeiros e gestão de recursos mais eficientes.

Os grandes investidores têm considerado a implementação de políticas ESG sustentáveis como uma variável crucial na alocação de seus ativos (Friede, 2015). Em 2013, a ONU, por meio do Pacto Global das Nações Unidas, conduziu uma pesquisa global com mais de 1.000 entrevistas com CEOs de diversas empresas. Os resultados indicaram que mais de 93% dos respondentes consideram o tema ESG essencial para o sucesso de seus negócios (Khan, 2022).

2.2 A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL COMO VANTAGEM COMPETITIVA

A transformação digital tem se consolidado como um vetor estratégico para a criação de vantagem competitiva no cenário empresarial contemporâneo (Verhoef et al., 2021; Leng et al., 2024). Essa vantagem, que se fundamenta nos recursos ou ativos estratégicos de uma empresa, se caracteriza pelo controle exclusivo, impossibilidade de imitação e capacidade de geração de valor. (Amit, 1993; Barney,

1986; Porter, 1990). Compreender como a digitalização se traduz em um diferencial duradouro exige um aprofundamento nos arcabouços teóricos da estratégia, especialmente a Visão Baseada em Recursos (RBV) e as Capacidades Dinâmicas, que fornecem as lentes necessárias para analisar esse fenômeno (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991; Teece et al., 1997; Eisenhardt & Martin, 2000; Liang et al., 2022; Yang & Han, 2024).

Na década de 1980, a teoria estratégica concentrava-se, predominantemente, na análise externa do ambiente, onde forças e fraquezas determinavam o posicionamento da empresa e as estratégias a serem seguidas (Porter, 1985). Conforme Collins (1994), Amit & Shoemaker (1993) e Grant (1991), essa perspectiva supunha certa homogeneidade entre empresas do mesmo setor, ignorando suas diferenciações, além de ser excessivamente normativa, prescrevendo um conjunto de ações "padrão" e interpretando que a lucratividade é definida pelas características da indústria, negligenciando a importância dos recursos e capacidades para essa determinação (Teece, 2007). Essa última deficiência impede a apropriação da renda gerada pelos recursos e ativos, e conseqüentemente a percepção de valor pela empresa (Dierickx & Cool, 1990).

Wernerfelt (1984) introduziu um novo arcabouço teórico: a Visão Baseada em Recursos (RBV). Neste modelo, o autor contesta a teoria tradicional com seu enfoque no ambiente externo. Conforme Grant (1991), concentrar-se nos recursos e capacidades internas pode estabelecer uma vantagem competitiva, uma vez que a empresa busca maximizar a utilidade ao atender às necessidades e dinâmicas do cenário ambiental em que está inserida.

Barney (1991) afirma que, segundo a RBV, uma vantagem competitiva sustentável deve ter quatro atributos: Valor, Raridade, Imitabilidade Imperfeita e

Substitutibilidade. Grant (1996) destaca a importância dessa teoria por identificar e interpretar os motivos do sucesso empresarial e sua capacidade de mantê-lo. Ele argumenta que esse sucesso vai além da estrutura e comportamento, oferecendo uma visão integrada de geração de resultados pela organização como um todo.

A visão RBV foi alvo de diversos questionamentos. A abordagem foi considerada uma teoria em estágio inicial, incapaz até mesmo de ser classificada como uma teoria por ser excessivamente tautológica. Ademais, baseia-se em suposições implícitas, tem como principal elemento observável uma variável exógena, que é o "valor", apresenta dificuldade na inclusão e mensuração dos recursos, resultando frequentemente em ambiguidade causal, e enfrenta dúvidas e limitações devido a uma perspectiva excessivamente estática (Helfat & Peteraf, 2003; Teece, 2007) e transversal (Priem & Butler, 2001; Pacheco & Zemsky, 2007).

Analisando pela perspectiva da RBV, a IAGEN pode ser incluída neste escopo, considerando o ChatGPT como ferramenta observável? Segundo Budhwar et al. (2023), não. A versão Open disponibiliza a ferramenta para qualquer pessoa que deseje extrair resultados dela, diminuindo ou anulando seu atributo de valor; além do ChatGPT, outras ferramentas de *Machine Learning* (ML) já estão disponíveis no mercado, como o Gemini do Google; é imitável, pois está acessível a todos; e a questão da substituição perde relevância, pois a implementação pode ser adquirida no mercado.

Barney (2001) respondeu às críticas de Priem & Butler (2001a) sobre a RBV, afirmando que esses pontos fazem parte da cronologia de experimentos que os pesquisadores abordarão conforme as demandas surgirem. De acordo com o autor, isso é um processo inevitável no desenvolvimento do tema de gestão estratégica.

2.2.1 Teoria das capacidades dinâmicas

Os avanços nas pesquisas estratégicas evidenciam o surgimento da teoria das capacidades dinâmicas. Teece et al. (1997), em seu trabalho seminal, apresentaram uma nova abordagem que busca compreender a articulação entre as capacidades/competências, organização e processos empresariais, bem como a habilidade de integrá-los em produtos e/ou serviços que respondam às demandas do ambiente externo e gerem valor para a empresa. Trata-se de um foco mais direcionado para o que Teece (2007) denominou como microfundamentos (processos, competências, rotinas, organização), em vez de concentrar-se apenas no produto/serviço em si (Wernelfelt, 1984).

Em um trabalho precursor de 1994, Teece delinea a espinha dorsal do *framework* da abordagem das Capacidades Dinâmicas, o qual ele definiu como "introdutório". A teoria fundamenta-se nos conceitos de dinâmica e capacidade, atribuídos de forma idiossincrática. Por dinâmica, entende-se a habilidade das organizações em compreender e acomodar as transformações do seu ecossistema empresarial. Já a capacidade refere-se à gestão eficaz das competências e habilidades empresariais, com o objetivo de otimizar seu uso em um ambiente em constante mudança, no qual a organização deve reorganizar, ajustar, adaptar e moldar-se para enfrentar ameaças e aproveitar oportunidades (Teece et al., 1997).

O contexto dinâmico possui um espectro *schumpeteriano*, onde a empresa adota uma postura inovadora proativa que utiliza um ciclo criativo e destrutivo. A partir da percepção de mudanças iminentes no cenário, a empresa realiza novos arranjos e combinações de suas competências e recursos, resultando em novos produtos e serviços de valor (Amit, 1993; Collins, 1994; Becker et al., 2005).

O aforismo do filósofo Sócrates (479-399 a.c.) “Conhece-te a ti mesmo”, pode ser bem aplicado ao conceito das capacidades. As organizações precisam ter um profundo entendimento de suas rotinas, processos, competências e recursos, somente assim poderão, a partir da compreensão da dinâmica do ambiente, ofertar produtos e serviços úteis e, conseqüentemente, de valor aos usuários (Zollo & Winter, 2002).

A estrutura proposta por Teece et al. (1997) estuda as capacidades, dividindo-as em 03 (três) categorias: processos, posições e caminhos. Os processos definem como a empresa se estrutura, se organiza, realiza suas rotinas e tarefas para atingir os seus objetivos. Ter clareza e entendimento de como as coisas são feitas é de fundamental importância para que a empresa possa saber quais são suas competências e como elas podem ser aprimoradas (Becker et al., 2005). Organizações que não possuem base de conhecimento codificada, isto é, o seu *Know-How*, são incapazes de gerar capacidades distintivas (Dosi et al., 2008; Zollo & Winter, 2002), e muito menos vantagens competitivas, visto que somente o aprendizado interiorizado como competência pode ser utilizado ao longo do tempo e replicado dentro da organização, do contrário, trata-se apenas de uma solução *ad-hoc* (Helfat & Winter, 2011).

A posição da empresa tem vários prismas, pois evidencia como a organização está posta frente aos seus ativos específicos, sejam eles: instalações; financeiros; tecnológicos; complementares; reputacionais; estruturais; institucionais; mercado e os limites organizacionais (Teece et al., 1997). Em um ambiente dinâmico, a posição da empresa tem um significado relevante, em virtude da incapacidade de alterações nas capacidades da empresa no curto prazo (Eisenhardt & Martin, 2000). Entender o seu posicionamento sob estas óticas permite à empresa sentir as oportunidades e

ameaças e moldar suas competências e recursos para aproveitá-las ou evitá-las (Teece, 2007).

Os caminhos da empresa são a trajetória que ela trilhou para chegar aonde chegou (Eisenhardt & Martin 2000). O passado não pode ser esquecido, pois é o acúmulo de experiências, vivências, sucessos e fracassos angariados ao longo do percurso (Helfat & Petraf, 2003). Acumular de forma estruturada esse aprendizado, em processos e rotinas, é capaz de gerar competências que, somados aos recursos (ativos posicionados) podem se transformar em capacidades (Dosi et al., 2008; Zollo & Winter, 2002).

A verdadeira vantagem na teoria das capacidades dinâmicas está na dificuldade, ou porque não dizer impossibilidade, de replicação ou imitação (Helfat & Winter, 2011). Na visão de Teece et al. (1997), a replicação consiste na possibilidade de transferir competências para outro arranjo organizacional, a fim de usufruir dos benefícios e vantagens gerados por ela. O sucesso da replicação depende dos processos organizacionais de retenção e disseminação do *Know-How* tácito acumulado ao longo dos anos pela repetição, de uma forma manualizada (Zollo & Winter, 2002; Helfat & Winter, 2011), o que foi definido como aplicação das “melhores práticas” por Becker et al. (2005). Se a replicação de competências bem-sucedidas já requer uma certa arte por parte dos gestores, dado a complexidade de sua utilização em outros mercados, pois, invariavelmente, custos de adaptação são necessários, e nem sempre a competência pode ser aproveitada em sua integralidade (Helfat, 2003), a imitação é um fenômeno, praticamente impossível de ser logrado, visto ser esse realizado por organizações ou membros que são *outsiders* (concorrentes) do processo de desenvolvimento das capacidades (Teece, 1994), e estes não conseguem adquiri-las, pois estas não são negociáveis nos mercados de fatores (Dierickx & Cool, 1989).

Para que a IAGEN possa ser considerada uma capacidade dinâmica, que traga vantagem competitiva, precisamos entendê-la como uma tecnologia capaz de aglutinar o que Teece (2007) conceituou como microfundamentos, sejam o conhecimento e as competências organizacionais de forma estruturados e roteirizados e materializados em produtos/serviços aos clientes internos e externos.

2.3 A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E O PAPEL DA IAGEN

A transformação digital é impulsionada por diversas tecnologias, mas a IAGEN se destaca como uma das mais disruptivas para o ambiente corporativo. Para entender o papel da IAGEN neste contexto, é fundamental primeiro conceituá-la. De acordo com Feuerriegel et al. (2024), a IAGEN consiste em soluções tecnológicas que buscam emular a inteligência humana por meio de máquinas. Zhang & Kamel (2023) afirmam que a IAGEN possui a capacidade de processar grandes volumes de dados de maneira exponencial, criando soluções e inovações para casos complexos da realidade. A IAGEN é capaz de processar e analisar um vasto conjunto de dados e, através da autoaprendizagem, identificar padrões de efeitos potenciais que a mente humana, teoricamente, seria incapaz de detectar em um curto período de tempo (Makridakis, 2017; Von Krogh, et al., 2023).

Pan (2016) apresenta uma perspectiva histórica da Inteligência Artificial (IA) nos últimos 70 anos, desde seus primeiros conceitos na década de 1950, passando por projetos importantes dos anos 1970, até grandes projetos realizados por universidades em parceria com agências, empresas e governos nacionais na década de 1980. Esses projetos enfrentaram desafios, mas deixaram dois grandes ensinamentos: a IA é impulsionada pela inovação através do software e não do

hardware; e o conhecimento da IA deve ser desenvolvido junto ao ambiente, conforme as pesquisas de Barney (1986) e Dierickx & Cool (1989).

Atualmente, uma das principais ferramentas da IAGEN é o ChatGPT, na sua 4ª versão. Du e Chen (2025) analisaram a ferramenta, que se descreve como uma linguagem aberta capaz de emular textos humanos e executar várias tarefas de processamento de linguagem natural. Segundo Pileggi (2024), o ChatGPT revela uma natureza mais ontológica, ampliando suas aplicações.

Du e Chen (2025) analisaram o funcionamento do ChatGPT e identificaram várias oportunidades, incluindo tutoria personalizada, avaliação automatizada de ensaios, tradução de idiomas, aprendizado interativo e aprendizado adaptativo. No entanto, a ferramenta também apresenta limitações e desafios, como a ausência de interação humana, compreensão limitada, dados enviesados, falta de criatividade, dependência de dados, ausência de compreensão contextual, habilidade limitada em personalizar instruções e questões de privacidade, conforme Oseni (2021).

A IAGEN tem uma influência notável nas políticas ESG, especialmente quando observamos seus impactos nos objetivos da Agenda 2030 das Nações Unidas (UNGA, 2015). Nos 17 objetivos e 169 metas apresentadas (SDGs), Vinuesa et al. (2023) indicam o impacto potencial, seja positivo ou negativo. Os autores trazem evidências de que existem aplicações ou soluções de IA que podem facilitar 134 dessas metas – o equivalente a 79% do total –, em conformidade com Sharma & Gupta (2024), que destacam a relevância de uma visão holística e interconectada entre todos os SDGs.

Pan (2016) descreve os caminhos de desenvolvimento de soluções em IA, que foram caracterizados como parte da revolução 4.0. Os principais caminhos

identificados são: IA baseada em Big Data; Inteligência coletiva; Computação multimídia; Sistemas autônomos inteligentes e Inteligência híbrida homem-máquina. Essas soluções mostraram resultados significativos na estratégia de decisões financeiras, influenciando positivamente a divulgação de informações ESG, que atua como moderador entre desempenho financeiro e divulgação (Alkaraan et al., 2022).

Após oito anos dessa constatação, estamos na transição entre a Indústria 4.0 (I4.0), também conhecida como Internet das Coisas (IoT), e a nova revolução da Indústria 5.0 (I5.0), denominada Internet de Todas as Coisas (IoE). Esta última se concentra em *Collaborative Intelligence*, *Self-learning Intelligence* and *Crowd Intelligence* (Leng et al., 2024). A perspectiva não está mais centrada nas coisas ou no IoT, mas sim no ser humano (IoE), destacando uma experiência imersiva dos usuários que direciona a evolução desse campo. É um universo onde o real e o imaginário se intercalam (Guo et al., 2024; Yang et al., 2024).

Aldowaish et al. (2022) destacam a importância da integração de ESG com o modelo de negócios, enfatizando processos e resultados. Por meio de uma revisão bibliográfica de 27 artigos, os autores identificaram que a adoção de políticas ESG é predominantemente motivada pelo cumprimento de requisitos financeiros, em vez de uma verdadeira criação de cultura ou incorporação de desenvolvimento sustentável. Esse comportamento deriva das expectativas que a sociedade tem das empresas, sendo que quanto maior a exposição da empresa, maior a probabilidade de distorção ou manipulação dos fatos para preservar sua reputação (Ruiz-Blanco et al., 2022).

A IAGEN desempenha um papel significativo na transformação digital, influenciando o comportamento empresarial coletivo em áreas como *disclosure*, simetria informacional, estratégia ESG, performance financeira, mão de obra especializada e na gestão pública. Sua adoção por organizações modelo pode

estabelecer uma tendência de Benchmarking (Zhao & Cai, 2023; Truant et al., 2024; Xu et al., 2023; He et al., 2024).

2.4 DA HIPÓTESE

2.4.1 ESG

Com base no arcabouço da Teoria das Capacidades Dinâmicas, este estudo propõe um conjunto de hipóteses para investigar como a transformação digital, com a IAGEN como seu principal motor, impacta o desempenho ESG. Esta teoria nos fornece a lente necessária para compreender como as empresas, ao se adaptarem a um ambiente de constante inovação, são capazes de desenvolver novas competências e, assim, influenciar sua performance sustentável (Yang & Han, 2024).

Gerar valor aos *stakeholders* é um dos principais, senão o maior objetivo de uma organização (Kaiser, 2020). Contudo, entendemos “Valor”, muitas vezes, numa perspectiva diretamente financeira no entendimento de “investimento em valor”, mas ao pensar em ESG, é importante considerar um tipo de valor, nem sempre diretamente quantificável, visto que ele é intrínseco (Hanson, 2013).

A adoção de práticas ESG como políticas já é um fato consolidado em termos de mercado (Burnaev et al., 2023). Analisarmos todas as variáveis que podem gerar impacto é um grande desafio e a IAGEN não foge a esta regra (Hughes et al., 2023)

Pesquisas têm apresentado evidências de que o uso consciente das ferramentas de transformação digital pode trazer resultados positivos em todo o ecossistema em que a organização está inserida (Wang & Esperança, 2023; Zhao et al., 2023; Yang & Han, 2024; Yang et al., 2024).

Dessa forma, em alinhamento com os achados de Yang et al. (2024), que encontraram uma relação positiva entre transformação digital e o desempenho ESG, este estudo propõe a hipótese de pesquisa de que o uso de tecnologias de transformação digital influencia positivamente na implantação e aplicação de políticas ESG.

A utilização de tecnologias de IAGEN pode resolver em larga escala questões ambientais. Das 169 metas da Agenda 2030 da ONU, 79% delas podem ser alcançadas com inovações digitais da inteligência artificial (Sharma e Gupta, 2024; Vinuesa et al., 2023). O cumprimento dessas metas impacta positivamente na reputação organizacional (Zhao & Cai, 2023; Truant et al., 2024; Xu et al., 2023; He et al., 2024). Tecnologias digitais que processam informações textuais ajudam a entender os *stakeholders* e tornam processos mais eficientes (Bedi et al., 2020; Thibault et al., 2023). Assim, a inovação através de IAGEN pode melhorar o desempenho ESG das empresas.

Uma segunda perspectiva aborda o uso de ferramentas de IAGEN para aprimorar a responsabilidade social das empresas (Wang & Esperança, 2023). A falta de transparência e/ou a assimetria das informações pode levar à percepção de *greenwashing* nas informações divulgadas, não refletindo o comportamento real da empresa (Barrymore, 2022; Batisti et al., 2022). O uso da IAGEN melhora a simetria das informações, resultando em um melhor desempenho no score ESG.

As tecnológias de IAGEN podem melhorar a governança corporativa (Ziolo et al., 2023). Elas democratizam a informação, melhoram a comunicação entre as partes e otimizam recursos humanos, tecnológicos, financeiros e equipamentos, tornando o processo decisório mais fluido e conciso.

Dessa forma, a primeira hipótese é proposta:

H1: O uso de tecnologias de inovação digital impacta positivamente nos indicadores ESG.

2.4.2 Efeitos moderadores da análise

No âmbito da Teoria das Capacidades Dinâmicas, a habilidade de uma organização em se adaptar e inovar não depende apenas de suas capacidades internas, mas também de fatores contextuais e de liderança, como o apoio externo e a experiência da alta gestão (Zhang et al., 2024; Oyinlola, 2025).

O processo de inovação digital 5.0 inclui o uso de IAGEN, além de uma série de recursos de tecnologia da informação desenvolvidos e aprimorados ao longo de décadas, tais como: IA baseada em *Big Data*; *Crowd Intelligence*; Computação cross-media; Sistemas autônomos inteligentes e Inteligência híbrida homem-máquina (Pan, 2016). Acompanhar essa evolução frequentemente exige um esforço financeiro significativo por parte das empresas. Em algumas regiões e países, esse cenário pode levar ao apoio governamental.

No Brasil, incentivos fiscais são usados pelo governo para promover desenvolvimento econômico em setores e regiões específicas. No âmbito do desenvolvimento sustentável, há vários estímulos às ações ESG, como: isenção de ICMS para uso de energias renováveis; dedução de 20% a 34% em IRPJ e CSLL para investimentos em P&D; redução de IPI e ICMS na reciclagem; isenção de impostos para projetos sociais pela Lei Rouanet e Lei de Incentivo ao Esporte; incentivos a projetos de redução e armazenamento de carbono; e estímulo a construções com baixo impacto ambiental pelo programa MOVER (antiga ROTA 2030). Subsídios

focados em inovação podem melhorar a performance ESG das empresas (Zhang et al., 2024).

A adoção de um modelo de gestão está relacionada à experiência e às relações sociais do CEO ao longo de sua carreira (Li & Zhong, 2024). Os CEOs que atuaram em diversos tipos de empresas possuem um conjunto de experiências e práticas mais abrangentes e diversificadas, em comparação àqueles cuja perspectiva se limita a uma única empresa ou a uma experiência profissional reduzida (Sang et al., 2024). Assim, entendemos que o fator da experiência profissional do CEO pode influenciar na adoção de práticas de inovação tecnológica em ações de ESG (Oyinlola, 2025).

Dessa forma, o segundo grupo de hipóteses é proposto:

H2a: Quanto maior o subsídio governamental, maior o impacto da transformação digital na performance ESG.

H2b: Quanto mais rica a experiência profissional do CEOs, maior o efeito da transformação digital na performance ESG.

Capítulo 3

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Visando compreender o impacto da transformação digital no desenvolvimento sustentável corporativo, a pesquisa caracteriza-se como quantitativa com base em dados secundários obtidos pela plataforma REFINITIV.

3.1 SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

A amostra consiste em um painel de 786 empresas listadas na bolsa de valores brasileira com capital aberto, tendo um corte temporal de 2020 a 2024. Foram removidas as seguintes amostras da base: 1) Empresas do setor financeiro, tais como: bancos, fundos, corretoras e igualados ao setor, em virtude de suas características operacionais e estruturas de capital que diferem substancialmente das empresas de outros setores.; e 2) Empresas com ausência dos dados principais inexistentes. Após estes ajustes, o número de empresas foi reduzido a 342.

Foram adicionados dados da base do ISE B3, correspondentes à participação da empresa neste indicador. Para a obtenção das informações concernentes à experiência do CEO utilizamos dados da plataforma LINKEDIN associados a busca com uso da inteligência artificial. A fim de remover a influência de outliers na amostra, os dados superiores e inferiores, referentes às variáveis contínuas, foram winsorizados a 5%. Após o tratamento, coletamos 1.655 observações no nível empresa ano.

3.2 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

3.2.1 Variável dependente

A variável dependente ESG score, identificado com a sigla “ESG” reflete o quão bem uma empresa utiliza as melhores práticas de gestão para evitar riscos ambientais e capitalizar oportunidades ambientais, a fim de gerar valor a longo prazo para os acionistas. O indicador varia de 0 a 100, e é dividido em 04 (quatro) quartis, sendo o primeiro quartil considerado um nível ruim e o quarto e último, um nível de excelência. O indicador foi obtido na plataforma Refinitiv.

3.2.2 Variável independente

Conforme discutido na introdução, esta pesquisa visa compreender o impacto da inteligência artificial no desempenho ESG. Para tanto, a variável independente utilizada, identificada com a sigla “DIG”, mensura a transformação digital corporativa, que é entendida como o fenômeno mais amplo do qual a IAGEN é um dos principais catalisadores. Assim, o índice DIG é uma proxy para a adoção e o aprofundamento de tecnologias de inovação digital, incluindo a inteligência artificial, na estrutura organizacional.

DIG, é o índice que mensura a transformação digital corporativa, a partir da perspectiva de amplitude e profundidade debatida por Verhoef et al. (2021). A construção deste índice baseou-se no modelo de Yang et al. (2024), sendo necessário adaptá-lo ao contexto empresarial brasileiro. Para tanto, o estudo utilizou um dicionário de aplicação digital, inicialmente baseado em 68 palavras-chave, que foi expandido para um total de 147 termos com o uso de inteligência artificial a fim de se adequar à realidade do mercado nacional. O índice foi construído pela contagem da

frequência de ocorrência dessas palavras-chave nos relatórios anuais de administração (releases). Para contornar a ausência de relatórios em algumas empresas e assim ampliar a base de análise, as Notas Explicativas das demonstrações financeiras obrigatórias foram utilizadas como fonte complementar. O processamento de todas as fontes textuais foi realizado com o uso da ferramenta Python. A pontuação obtida reflete o grau de digitalização da empresa, onde um valor mais alto indica uma maior intensidade de transformação digital.

3.2.3 Variáveis de mecanismo

Yang et al. (2024) categorizam variáveis de mecanismo como um grupo importante, devido ao seu papel crucial na sustentabilidade e impacto direto na variável dependente.

- (a) – Inovação Verde: Adaptando o modelo de Yang et al. (2024), o qual utilizou o número de patentes verdes desenvolvidas, escolhemos o indicador “Environmental Innovation Score”, obtido na plataforma Refinitiv. O indicador reflete a capacidade de uma empresa de reduzir os custos e encargos ambientais para seus clientes e, assim, criar oportunidades de mercado por meio de novas tecnologias e processos ambientais ou produtos ecologicamente projetados. A pontuação varia de 0 a 100, e é dividido em 04 (quatro) quartis, sendo o primeiro quartil considerado um nível ruim e o quarto e último, um nível de excelência. A variável foi identificada pela sigla “GreenInv”.

- (b) – Transparência da Informação: Seguindo o modelo de Yang et al. (2024), o qual define o nível de transparência pelo número de analistas que cobrem a empresa. O maior número de analistas representa um nível de transparência

maior identificada como “Transp”. Contudo, optamos por construir uma dummy em virtude da assimetria e o grande número de zeros ao longo dos anos. A variável foi identificada pela sigla “Analyst”.

- (c) – Qualidade de Governança Corporativa: Identificada pela sigla “Gover”, o indicador mede os sistemas e processos de uma empresa, que garantem que seus membros do conselho e executivos atuem no melhor interesse de seus acionistas de longo prazo (Ziolo et al., 2023). Ele reflete a capacidade de uma empresa, por meio do uso das melhores práticas de gestão, de direcionar e controlar seus direitos e responsabilidades por meio da criação de incentivos, bem como freios e contrapesos, a fim de gerar valor de longo prazo para os acionistas. O indicador foi obtido na plataforma Refinitiv.

3.2.4 Variáveis de moderação

- (a) – Governmental subsidy: Adaptando o modelo de Yang et al. (2024), o qual utilizou o número de patentes verdes desenvolvidas, escolhemos a Lei do Bem, ou Lei nº 11.196/2005, para refletir o quanto as empresas recebem de subsídio inovação. A Lei do Bem é um instrumento governamental que oferece incentivos fiscais para empresas que investem em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação tecnológica. O objetivo destes incentivos visa impulsionar a inovação e o desenvolvimento tecnológico no país, reduzindo a carga tributária sobre as empresas que se dedicam a essas atividades. A variável foi identificada pela sigla “Subsidy” e foi uma Dummy, onde 1 representa as empresas que fazem parte do índice e 0 representa aquelas que estão fora do índice.

(b) – Experiência de Carreira do CEO: De acordo com Oyinlola, (2025), executivos com uma carreira profissional mais diversa em termos de experiência tendem a ser mais inovadores. Baseado no modelo de Hu & Liu (2015), calculamos o número de empresas de diferentes setores onde os CEOs atuaram usando dados do LinkedIn. Empresas do mesmo ramo foram contabilizadas como uma só. A variável foi identificada pela sigla “CEO”.

3.2.5 Variáveis de controle

A variável de controle ISE B3 (ISE) é um indicador desenvolvido pela B3, que destaca o desempenho médio das cotações dos ativos das empresas selecionadas com base no seu comprometimento em adotar práticas de sustentabilidade empresarial. Portanto, espera-se uma relação significativa e positiva para as empresas que atendem a esses critérios (Silva & Mascena, 2024). A variável foi uma Dummy, onde 1 representa as empresas que fazem parte do índice e 0 representa aquelas que estão fora do índice.

A variável de controle Tamanho (TAM) sugere que empresas com maior capital possuem condições mais favoráveis para investir em pesquisa e desenvolvimento em tecnologia da informação em sua estrutura organizacional (Sari & Prihandini, 2019).

A variável IDADE indica o número de períodos em que uma empresa está listada na bolsa de valores. Espera-se uma relação positiva, pois empresas mais antigas na bolsa já adotam práticas ESG devido às exigências do mercado (Lanis & Richardson, 2012).

A variável SETOR lista empresas da bolsa por setor econômico. Empresas poluidoras ou que usam recursos naturais têm scores ESG mais baixos devido às leis como a Lei nº 6.938/81, Lei nº 9.605/98 e Lei nº 12.305/10 (Yucel & Yucel, 2024).

A variável LEV indica o nível de dívida da empresa financiada por capital de terceiros. Khaq, A. et al. (2025) afirmam que há uma relação negativa entre inovação verde e dívidas das empresas.

A variável Growth captar o nível de crescimento financeiro em termos de variação de receita de um período a outro. Segundo Inamdar(2024) scores de ESG se refletem em desempenho financeiro.

A variável Indenp indica se a empresa possui conselho de administração independente. Empresas que possuem conselhos de administração independente possuem melhores desempenhos ESG (Yang et al., 2024).

A variável GOV indica se a empresa possui natureza governamental. Esta variável será do tipo Dummy, onde 1 representa as empresas que recebem recursos públicos e 0 aquelas que não estão incluídas no índice.

A variável ROA é um indicador financeiro, que evidencia a capacidade da empresa em gerar lucro a partir dos seus ativos. Esta variável será do tipo inteira obtida a partir da razão entre o lucro líquido e os ativos da empresa. Empresas com bom desempenho ESG tem reflexo positivo no ROA.

O indicador financeiro Q-Tobin que evidencia a relação entre o valor de mercado da empresa e seu custo de reposição dos ativos. Um Q-Tobin maior que 1 sugere que o valor de mercado é maior que o custo de reposição, indicando que o mercado pode estar superestimando a empresa, enquanto um valor menor que 1

indica que o mercado pode estar subestimando a empresa. Empresas com bom desempenho ESG tem reflexo positivo no Q-Tobin.

Tabela 1 – Descrição das variáveis do modelo

Tipo	Sigla	Métrica	Referências
Dependente	ESG	Refinitiv ESG Index	Yang et al. (2024).
Independente	DIG	Dicionário de termos-chave de transformação digital	Verhoef et al (2021); Yang et al. (2024).
Mecanismo	GreenInv	Classificação refinitiv	Yang et al. (2024).
	Analyst	Classificação refinitiv	Yang et al. (2024).
	Gover	Classificação refinitiv	Ziolo et al. (2023).
Moderação	Sub	Lei do Bem	Yang et al. (2024).
	CEO	LINKEDIN	Hu & Liu (2015)
Controle	ISE	ISE B3	Silva & Mascena (2024)
	TAM	Log Natural do ativo total	Cho et al. (2010); Sari & Prihandini (2019)
	IDADE	Tempo de Listagem na Bolsa	Lanis & Richardson, 2012
	SETOR	Classificação refinitiv	Yucel, M., & Yucel, S.(2024).
	LEV	Total de passivos dividido pelo total de ativos	Khaq, A. et al. (2025)
	Growth	% de crescimento da empresa	Inamdar (2024)
	Indenp	O % de diretores independentes	Yang et al. (2024)

GOV	Dummy, 1 = se a empresa tem investimento e controle governamental	Sum & Zhang, (2018)
ROA	A razão entre o Lucro Líquido e o Ativo.	Rahman, et al. (2023)
Q-Tobin	Log Natural do Q-Tobin	Rahman, et al. (2023)

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

3.3 MODELO ECONÔMICO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA

A análise de dados em painel, especialmente em estudos que investigam relações causais, exige a consideração de potenciais problemas de endogeneidade, como a presença de variáveis omitidas que poderiam estar correlacionadas tanto com a transformação digital quanto com o desempenho ESG. Para mitigar esta preocupação, a regressão com Efeitos Fixos (FE) foi empregada. Este modelo controla por todas as características não observadas e invariantes no tempo de cada empresa, permitindo que a análise se concentre na variação intra-empresa ao longo do tempo. A decisão por este modelo foi corroborada pelo Teste de Hausman, que indicou a preferência do modelo de Efeitos Fixos como a abordagem mais robusta e consistente para os dados em questão.

3.3.1 Modelo Principal (Hipótese H1)

Para testar a hipótese principal (H1), que propõe um impacto positivo das tecnologias de transformação digital nos indicadores ESG, foi utilizado um modelo de regressão para dados em painel. Este modelo permite analisar a relação entre a variável dependente, o desempenho ESG, e a variável independente principal, a transformação digital, controlando por diversos fatores que podem influenciar essa relação. A equação do modelo principal pode ser representada da seguinte forma:

$$ESG_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 DIG_{i,t} + \sum \beta_j Controles_{j,i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

3.3.2 Modelos de Efeitos Moderadores (Hipóteses H2a e H2b)

Para investigar as hipóteses de moderação (H2a e H2b), que sugerem que os subsídios governamentais e a experiência do CEO podem alterar a relação entre a transformação digital e o desempenho ESG, foram utilizados dois modelos de regressão separados.

O primeiro modelo adiciona uma variável de interação entre a transformação digital e o subsídio governamental, conforme a seguinte equação:

$$ESG_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 DIG_{i,t} + \beta_2 Subsidy_{i,t} + \beta_3 (DIG * Subidy)_{i,t} + \sum \beta_j Controles_{j,i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

O segundo modelo utiliza uma variável de interação entre a transformação digital e a experiência do CEO:

$$ESG_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 DIG_{i,t} + \beta_2 CEO_{i,t} + \beta_3 (DIG * CEO)_{i,t} + \sum \beta_j Controles_{j,i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

3.4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

A análise empírica foi conduzida em várias etapas, utilizando um painel de 342 empresas entre os anos de 2020 e 2024, totalizando 1.655 observações e uma amostra sem o ano de 2020 (2021-2024), totalizando 1.333 observações. Essa construção de cenários foi crucial para entender a influência da pandemia. A tabela 2 que apresenta os dados, evidencia a variável ESG com as seguintes características:

- Amostra Completa: Média de 1.50, Mediana de 0.00, Mínimo de 0.00.
- Amostra Sem 2020: Média de 1.57, Mediana de 0.00, Mínimo de 0.00.

O ponto mais marcante identificado é a alta concentração de zeros (aproximadamente 68.7% na amostra completa, e ainda elevada na amostra sem o ano de 2020, embora ligeiramente menor). Isso significa que uma parcela substancial das empresas apresenta o valor mínimo possível de ESG (equivalente a 1 na escala original), o que é uma característica vital da distribuição dos dados. A ligeira elevação da média na amostra sem o ano de 2020, pode indicar que o ano da pandemia apresentou níveis de ESG um pouco mais baixos, ou que o desempenho ESG geral melhorou nos anos seguintes.

A transformação digital (DIG) apresentou os seguintes resultados nas amostras:

- Amostra Completa: Média de 1.80, mediana de 1.69, mínimo de 0.00.
- Amostra Sem 2020: Média de 1.77, mediana de 1.69, mínimo de 0.00.

A DIG mantém uma distribuição similar em ambas as amostras, com uma dispersão considerável (Desvio Padrão 1.57) e uma concentração de zeros, indicando que nem todas as empresas apresentam um avanço digital significativo. A leve redução da média na amostra sem o ano de 2020 pode sugerir que o ano pandêmico foi um período de aceleração digital para algumas empresas, ou que a composição da amostra de 2020 tinha empresas ligeiramente mais digitalizadas.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis

Variável	Estatística	Amostra Completa (N=1655)	Amostra Sem 2020 (N=1333)	Notas Importantes
ESG	Média	1,500	1,570	Alta concentração de zeros em ambas as amostras (Mdn=0, Min=0).
	S.D.	2,250	2,280	
	Min	0,000	0,000	
	Mdn	0,000	0,000	
	Max	5,280	5,280	
DIG	Média	1,800	1,770	Dispersão considerável e presença de zeros.
	S.D.	1,570	1,570	
	Min	0,000	0,000	
	Mdn	1,690	1,690	
	Max	4,530	4,530	
Analistas	Média	0,720	0,890	Proporção de empresas com cobertura de analistas aumenta sem 2020.
	S.D.	0,450	0,320	
	Min	0,000	0,000	
	Mdn	1,000	1,000	
	Max	1,000	1,000	
Governo (seggov)	Média	0,030	0,030	Baixa proporção de empresas públicas.
Sub	Média	0,190	0,180	Proporção de empresas com subsídio de inovação.
ISE	Média	0,300	0,350	Proporção de empresas no ISE aumenta sem 2020.
TAM	Média	21,920	21,980	Distribuição simétrica e concentrada.
Lev	Média	0,680	0,680	Variabilidade moderada.
Growth	Média	-0,070	-0,070	Mediana em 0.00 indica concentração de crescimento nulo/baixo.
GreInv	Média	0,160	0,160	Proporção de empresas com investimento verde.
Transparência (Transp)	Média	0,660	0,810	Assimetria à direita e muitos zeros. Média aumenta sem 2020.
Governança (Gover)	Média	1,490	1,550	Assimetria à direita e muitos zeros. Média aumenta sem 2020.
CEO	Média	1,390	1,390	Distribuição razoável.
IDADE	Média	15,550	15,470	Ampla gama de idades.
Indenp	Média	1,410	1,480	Assimetria à direita e muitos zeros.
Q-Tobin	Média	0,890	0,840	Simétrica após transformação, mas com alguns valores negativos.
ROA	Média	0,020	0,030	Próximo de zero, inclui valores negativos.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE); Tamanho do ativo (TAM); Tempo de B3 (IDADE); Setor econômico (SETOR); Grau de alavancagem (LEV); Proporção de diretores independentes (Indenp); Empresa pública o com participação do governo (GOV); Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Outras variáveis de controle relevantes como: ISE, Analistas, Governança e Independência também apresentam médias ligeiramente mais altas na amostra sem o ano de 2020, sugerindo um possível aumento na performance ESG e suas dimensões (Transparência, Governança) após o impacto inicial da pandemia. A persistência de zeros ou assimetria à direita para variáveis como Transparência e Governança (mesmo após a winsorização) é uma característica importante dos dados.

A cobertura de Analistas mostra uma mudança notável entre os cenários. A proporção de empresas com cobertura de analistas aumenta significativamente quando o ano de 2020 é excluído (de 72% para 89%). Isso pode indicar que a cobertura de analistas aumentou nos anos pós-pandemia, ou que empresas com menos cobertura foram mais afetadas em 2020 e saíram da amostra.

Capítulo 4

4 ANÁLISE DOS DADOS

4.1 CORRELAÇÃO

A tabela 3 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis. A relação entre as variáveis ESG X DIG evidencia uma correlação positiva e significativa (0.2278 na amostra completa, 0.2377 na amostra sem 2020).

ESG possui correlações fortes e robustas com: ISE (0.54 a 0.56), apresentando uma forte correlação positiva; TAM (0.68 a 0.68), uma correlação muito forte e positiva; GreInv (0.67 a 0.67), uma correlação forte e positiva; e Transp (0.56 a 0.62), uma correlação forte e positiva. A correlação detectada entre DIG com Analyst apresentou uma correlação negativa fraca, mas significativa, em ambas as amostras (0.07).

Foi identificada na análise sinais de multicolinearidade entre variáveis independentes. As variáveis Gover e Indenp têm uma correlação com ESG (além da correlação entre elas mesmas, acima de 0.95) e é consistentemente e extremamente alta em ambas as amostras. Isso confirmou a multicolinearidade severa, exigindo a exclusão de uma ou ambas (Gover e Indenp foram removidas do modelo principal) para garantir a estabilidade dos coeficientes de regressão. A persistência desse problema em ambas as amostras (com e sem 2020) reforça a necessidade dessa decisão metodológica.

A análise da estatística descritiva já apresentava insights, os quais se corroboraram e foram vitais para informar as decisões de modelagem. A alta proporção de zeros em ESG justificou a exploração do modelo Tobit como alternativa. As altas correlações entre ESG, Gover e Indenp e entre Gover e Indenp (confirmadas

pelos testes VIF subsequentes) levaram à exclusão de Gover e Indenp para evitar a multicolinearidade. A assimetria da variável contínua de Analistas (Analyst), ainda que winsorizada, justificou a criação da dummy (Analyst) para uma interpretação mais clara no modelo. As mudanças nas médias e correlações na amostra sem 2020 validaram a estratégia de análise de robustez contra o choque da pandemia.

Tabela 3 – Matriz de correlações

Variável	ESG	DIG	Analyst	seggov	ISE	Sub	TAM	Lev	Growth	Grelnv	Transp	Gover	CEO	IDADE	Indenp	Q-Tobin	ROA
ESG	1,000																
DIG	0,2278*	1,000															
Analyst	0,0158	-0,0672*	1,000														
seggov	0,0079	0,1390*	0,0376	1,000													
ISE	0,5377*	0,1069*	0,2399*	-0,0106	1,000												
Sub	0,1835*	0,1149*	-0,0589*	0,0239	0,0874*	1,000											
TAM	0,6761*	0,1770*	0,0029	0,1049*	0,1049	0,1348*	1,000										
Lev	-0,0406*	-0,0542*	0,0137	0,0258	-0,0885*	-0,1271*	-0,0416*	1,000									
Growth	-0,1300*	-0,0502*	-0,0737*	-0,0205	-0,1850*	-0,0015	-0,1219*	0,0397	1,000								
Grelnv	0,6694*	0,1802*	0,0134	0,0719*	0,4171*	0,1815*	0,5088*	-0,0236	-0,1163*	1,000							
Transp	0,5636*	0,1333*	0,3777*	-0,0012	0,6203*	0,0894*	0,5108*	-0,1077*	-0,1995*	0,3795*	1,000						
Gover	0,9932*	0,2272*	0,0106	0,0049	0,5320*	0,1837*	0,6689*	-0,0376	-0,1243*	0,6514*	0,5538*	1,000					
CEO	0,1385*	0,3164*	-0,0117	0,0538*	0,1087*	0,1653*	0,1238*	0,1264*	-0,0088	0,0819*	0,1299*	0,1352*	1,000				
IDADE	0,1469*	0,0682*	0,0551*	0,1697*	0,0069	0,1489*	0,0090	0,1376*	0,0183	0,2106*	-0,1066*	0,1520*	0,0277	1,000			
Indenp	0,9594*	0,2135*	0,0165	-0,0046	0,5082*	0,1846*	0,6394*	-0,0211	-0,1195*	0,6169*	0,5307*	0,9599*	0,1400*	0,1265*	1,000		
Q-Tobin	0,1071*	0,0886*	-0,0995*	-0,0412*	0,0999*	0,1499*	0,0968*	-0,2006*	-0,0885*	0,1005*	0,1369*	0,0993*	0,0996*	-0,0474*	0,1106*	1,000	
ROA	0,0804*	0,0337	0,0110	0,0922*	0,0554*	0,2225*	0,1033*	-0,4544*	-0,0380	0,0843*	0,1069*	0,0731*	-0,0061	0,1099*	0,0601*	0,2458*	1,000

Observação: As correlações acima são para a amostra completa (com 2020). Uma tabela similar seria apresentada para a amostra sem 2020 para comparação na seção de resultados. Lembre-se de destacar as mudanças importantes entre as amostras no texto.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE); Tamanho do ativo (TAM); Tempo de B3 (IDADE); Setor econômico (SETOR); Grau de alavancagem (LEV); Proporção de diretores independentes (Indenp); Empresa pública ou com participação do governo (GOV); Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

4.2 RESULTADOS DA REGRESSÃO DE FE - AMOSTRA COMPLETA

Na tabela 04, apresentamos os resultados do modelo de efeitos fixos (FE), para a amostra completa indicam que a variável DIG (transformação digital) não apresenta um coeficiente estatisticamente significativo (Coef. = 0.0016, $p=0.949$) em relação à ESG.

Tabela 4 – Regressão FE amostra completa

Fixed-effects (within) regression		Number of obs	=	1655		
Group variable: id		Number of groups	=	342		
R-squared:		Obs per group:				
Within =	0,1436	min =	1			
Between =	0,4476	avg =	4.8			
Overall =	0,3862	max =	5			
corr(u_i, Xb) =		0,4551	F(10, 341) =	.		
			Prob > F =	.		
(Std. err. adjusted for 342 clusters in id)						
ESG	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DIG	0,0033499	0,0242683	0,14	0,890	-0,0443845	0,0510844
Analyst seggov	0,1538169	0,0515469	2,98	0,003	0,0524269	0,2552068
ise	0	(omitted)				
Sub	0,5536518	0,1109914	4,99	0,000	0,3353377	0,7719658
TAM	-0,2836715	0,1170568	-2,42	0,016	-0,5139158	-0,0534273
Lev	0,1801727	0,0962431	1,87	0,062	-0,0091323	0,3694776
Growth	0,2084649	0,1163383	1,79	0,074	-0,0203662	0,4372960
CEO	0,0330749	0,0637160	0,52	0,604	-0,0922510	0,1584008
IDADE	0,1881263	0,1235094	1,52	0,129	-0,0548098	0,4310625
ROA	-0,0069127	0,0042572	-1,62	0,105	-0,0152864	0,0014610
Q-Tobin	0,1570073	0,3197280	0,49	0,624	-0,4718801	0,7858947
_cons	0,0046742	0,0455609	0,10	0,918	-0,0849416	0,0942900
	-2,9738660	2,2080940	-1,35	0,179	-7,3170660	1,3693340
sigma_u	1,83128					
sigma_e	0,70470217					
rho	0,87101769 (fraction of variance due to u_i)					

Legenda: NS = Não significativo; * $P<0.10$; ** $P<0.05$; *** $P<0.01$. **Observação:** Erros padrão ajustados para 342 clusters em id.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE); Tamanho do ativo (TAM); Tempo de B3 (IDADE); Setor econômico (SETOR); Grau de alavancagem (LEV); Empresa pública o com participação do governo (GOV); Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Podemos identificar na tabela anterior um coeficiente significativo e positivo (Coef. = 0.1318, $p=0.010$), à cobertura de analistas (Analyst) e para o índice ISE (Coef. = 0.4241, $p=0.000$), entretanto coeficiente significativo e negativo (Coef. = -0.2581, $p=0.024$) do subsídio à inovação (Sub). O tamanho do ativo (TAM) apresentou um coeficiente marginalmente significativo e positivo (Coef. = 0.1343, $p=0.081$) Dentre as demais variáveis de controle não foi identificada evidência de um impacto distintivo no modelo FE.

4.3 RESULTADOS DA REGRESSÃO DE FE - AMOSTRA SEM O ANO 2020

Para verificar a robustez dos achados frente ao choque da pandemia de COVID-19, o Modelo de Efeitos Fixos foi reestimado, excluindo-se as observações referentes ao ano de 2020, conforme a tabela 5. Nesta amostra reduzida, o resultado para DIG (Coef. = 0.0107, $p=0.573$) permanece não significativo. O número de analistas persistiu significativo e positivo ($p=0.058$), mas com significância marginal, mostrando a robustez do efeito. A experiência do CEO, embora não significativo na amostra completa, tornou-se marginalmente significativo e positivo ($p=0.101$) nesta subamostra.

Tabela 5 – Regressão FE amostra sem 2020

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	1333
Group vari.: id	Number of groups	=	342
R-squared:		Obs per group:	
Within =	0,1005	min =	1
Between =	0,378	avg =	3.9
Overall =	0,2905	max =	4
corr(u_i, Xb) =		F(10, 341) =	.
		Prob > F =	.

(Std. err. adjusted for 342 clusters in id)						
ESG	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DIG	0,0106955	0,0189571	0,56	0,573	-0,026592	0,047983
Analyst seggov	0,1784937 0	0,0937756 (omitted)	1,90	0,058	-0,0059578	0,3629453
ISE	0,4511867	0,1114285	4,05	0,000	0,2320129	0,6703605
Sub	-0,0750161	0,0755005	-0,99	0,321	-0,2235215	0,0734893
TAM	0,0301586	0,0811584	0,37	0,710	-0,1294755	0,1897928
Lev	-0,0105422	0,0980840	-0,11	0,914	-0,2034681	0,1823837
Growth	-0,0032784	0,0569136	-0,06	0,954	-0,1152244	0,1086676
CEO	0,1621996	0,0986311	1,64	0,101	-0,0318023	0,3562015
IDADE	-0,0019605	0,0052750	-0,37	0,710	-0,0123361	0,0084152
ROA	0,2802737	0,2864223	0,98	0,329	-0,2831031	0,8436506
Q-Tobin	-0,0255496	0,0380898	-0,67	0,503	-0,1004701	0,0493710
_cons	0,4152690	1,8764260	0,22	0,825	-3,2755580	4,1060960
sigma_u	2,0484065					
sigma_e	0,5877429					
rho	0,92393516 (fraction of variance due to u_i)					

Legenda: NS = Não significativo; * P<0.10; ** P<0.05; *** P<0.01. **Observação:** Erros padrão ajustados para 342 clusters em id.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE), Tamanho do ativo (TAM), Tempo de B3 (IDADE), Setor econômico (SETOR), Grau de alavancagem (LEV), Empresa pública o com participação do governo (GOV), Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4.4 MODELOS DE INTERAÇÃO (H2a e H2b)

Para investigar as hipóteses de moderação (H2a e H2b), que propõem que o impacto da inovação verde (GreInv) na performance ESG é condicionado por fatores externos e internos, foram incorporados termos de interação nos modelos de Efeitos Fixos. A análise foi conduzida tanto na amostra completa (com 2020) quanto na amostra sem o ano de 2020 para verificar a robustez dos achados (Tabela 6).

A Hipótese 2a, que sugeria que o subsídio governamental (Sub) moderaria o impacto da inovação verde (GreInv) na performance ESG, não encontrou suporte estatístico em nossos modelos. O termo de interação, entre as variáveis, não foi estatisticamente significativo em ambas as amostras analisadas (Amostra Completa: Coef. = -0.2133, $p=0.487$; Amostra Sem 2020: Coef. = -0.3259, $p=0.338$). Adicionalmente, o efeito principal de GreInv manteve-se altamente significativo e positivo em ambos os modelos de interação (Amostra Completa: Coef. = 1.597, $p=0.000$; Amostra Sem 2020: Coef. = 1.680, $p=0.000$).

A Hipótese 2b, que propunha que a experiência profissional do CEO (CEO) moderaria o efeito da inovação verde (GreInv) na performance ESG, também não foi suportada pelos dados. O termo de interação, entre as variáveis, não se mostrou estatisticamente significativo em nenhuma das amostras (Amostra Completa: Coef. = -0.2360, $p=0.443$; Amostra Sem 2020: Coef. = -0.1966, $p=0.542$). O efeito principal de GreInv permaneceu altamente significativo e positivo em ambos os modelos de interação (Amostra Completa: Coef. = 1.902, $p=0.001$; Amostra Sem 2020: Coef. = 1.921, $p=0.003$). O efeito principal de CEO, por sua vez, também não foi significativo

nos modelos de interação (Amostra Completa: Coef. = 0.2003, $p=0.139$; Amostra Sem 2020: Coef. = 0.1608, $p=0.180$).

Tabela 6 – Regressão FE: Modelos de Interação

Variável	Modelo 1 (H2a)	Modelo 2 (H2b)	Modelo 1 (H2a) - Sem 2020	Modelo 2 (H2b) - Sem 2020	Notas Importantes
Dependente	ESG	ESG	ESG	ESG	
Variável Independente	**Coef. (P>t)**		**Coef. (P>t)		
DIG	0,0102 (0,618)	0,0090 (0,663)	0,0268 (0,113)	0,0281 (0,100)	Consistentemente NS. Marginalmente S em um caso.
Analistas	0,1318 (0,010)**	0,1317 (0,009)**	0,1031 (0,270)	0,0896 (0,286)	S na amostra completa, NS na sem 2020.
Grelnvd	1,5871 (0,000)***	1,9016 (0,001)***	1,6796 (0,000)***	1,9206 (0,003)***	Efeito principal S e Positivo.
Sub	-0,2122 (0,141)	-0,2581 (0,024)**	-0,0614 (0,575)	-0,1265 (0,089)*	S na amostra completa (Mod. 2), NS ou marginalmente S em outros.
CEO	0,1568 (0,177)	0,2003 (0,139)	0,1233 (0,191)	0,1608 (0,180)	NS em todos os modelos de interação.
Termo de Interação					
Grelnv	-0,2133 (0,487)	--	-0,3259 (0,338)	--	NS. H2a não suportada.
CEO	--	-0,2380 (0,443)	--	-0,1966 (0,542)	NS. H2b não suportada.
Controles	(Restante do Modelo Base)	(Restante do Modelo Base)	(Restante do Modelo Base)	(Restante do Modelo Base)	ISE, TAM, Lev, growth, IDADE, ROA, Q-Tobin, _cons
N. de Obs.	1655	1655	1333	1333	
N. de Grupos	342	342	342	342	
R ² Within	2.393	2.405	2.318	2.317	

Legenda: NS= Não significativo; * $P<0.10$; ** $P<0.05$; *** $P<0.01$. **Observação:** Todos os modelos são de Efeitos Fixos com erros padrão robustos.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE), Tamanho do ativo (TAM), Tempo de B3 (IDADE), Setor econômico (SETOR), Grau de alavancagem (LEV), Empresa pública ou com participação do governo (GOV), Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

É importante notar que, nos modelos de interação para H2a e H2b, o coeficiente transformação digital em ESG permaneceu não estatisticamente significativo em todas as amostras analisadas (Amostra Completa, H2a: Coef. = 0.0102, $p=0.618$; Amostra Completa, H2b: Coef. = 0.0090, $p=0.663$; Amostra Sem 2020, H2a: Coef. = 0.0268, $p=0.113$; Amostra Sem 2020, H2b: Coef. = 0.0281, $p=0.100$). Embora o p-valor tenha se tornado marginalmente significativo em um dos modelos (H2b, amostra sem 2020), a predominância da não significância em todas as outras especificações de FE com termos de interação reforça a robustez do achado de que a transformação digital não exerce um impacto direto e discernível no desempenho ESG das empresas.

4.5 MODELOS DE MEDIAÇÃO (DIG -> MECANISMO)

Para investigar se a transformação digital exerce sua influência no ESG por meio de caminhos indiretos, foram testados modelos de regressão onde a transformação digital (DIG) atuou como variável independente e cada variável de mecanismo proposta (GreInv, Transp, Gover) foi a variável dependente. A análise foi realizada utilizando o modelo de Efeitos Fixos (FE) em duas amostras: a completa (com 2020) e uma de robustez (sem 2020).

4.5.1 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Inovação Verde

Em relação ao potencial caminho de mediação via inovação verde (GreInv), nossos modelos não encontraram suporte para a hipótese de que a transformação digital (DIG) impacta significativamente este mecanismo. O coeficiente para DIG em GreInv foi não estatisticamente significativo em ambas as amostras (Amostra Completa: Coef. = -0.0038, $p=0.587$; Amostra Sem 2020: Coef. = -0.0102, $p=0.135$).

4.5.2 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Transparência

O segundo caminho de mediação explorado foi o da transparência (Transp). Nossos modelos indicam que a transformação digital (DIG) não exerce um impacto estatisticamente significativo na transparência em ambas as amostras (Amostra Completa: Coef. = -0.0055, $p=0.780$; Amostra Sem 2020: Coef. = -0.0181, $p=0.248$).

4.5.3 Caminho de Mediação: Transformação Digital → Governança

Por fim, o teste do caminho de mediação via governança (Gover) também não demonstrou que a transformação digital (DIG) exerce um impacto significativo. O

coeficiente de DIG em Gover foi não estatisticamente significativo em ambas as amostras (Amostra Completa: Coef. = 0.0027, $p=0.907$; Amostra Sem 2020: Coef. = 0.0115, $p=0.531$).

Em síntese, os resultados dos modelos de mediação (Tabela 7) não fornecem suporte estatístico para os caminhos de mediação propostos pelo estudo base. A transformação digital (DIG) não demonstrou um impacto direto e significativo na inovação verde (GreInv), na transparência (Transp) ou na governança (Gover) em nenhuma das amostras analisadas.

Tabela 7 – Regressão FE: Modelos de moderação

Variável Dependente	2020-2024			2021-2024		
	Modelo 1: GreInv ESG	Modelo 2: Transp ESG	Modelo 3: Gover ESG	Modelo 1: GreInv ESG	Modelo 2: Transp ESG	Modelo 3: Gover ESG
Variável Independente		**Coef. (P>t)**			**Coef. (P>t)**	
DIG	-0.0038 (0.587)	-0.0055 (0.780)	0.0027 (0.907)	-0.0102 (0.135)	-0.0181 (0.248)	0.0115 (0.531)
Controles						
Analyst	0.0134 (0.187)	0.8004 (0.000)***	0.1315 (0.006)**	0.0468 (0.029)**	1.7955 (0.000)***	0.1321 (0.124)
Sub	-0.0178 (0.457)	-0.1549 (0.116)	-0.2645 (0.017)**	0.0342 (0.148)	-0.0067 (0.936)	-0.0719 (0.259)
ISE	0.0843 (0.000)***	0.7945 (0.000)***	0.5340 (0.000)***	0.0434 (0.017)**	0.3987 (0.000)***	0.4384 (0.000)***
TAM	0.0282 (0.092)*	0.2360 (0.004)**	0.1589 (0.069)*	0.0196 (0.212)	0.1291 (0.046)**	0.0208 (0.801)
Lev	0.0385 (0.106)	0.1767 (0.113)	0.1884 (0.084)*	0.0071 (0.753)	0.0081 (0.917)	-0.0155 (0.875)
Growth	0.0194 (0.137)	-0.1269 (0.005)**	0.0460 (0.450)	0.0100 (0.494)	-0.0367 (0.328)	0.0087 (0.875)
CEO	0.0213 (0.358)	0.0272 (0.805)	0.1568 (0.180)	0.0272 (0.250)	0.1040 (0.123)	0.1328 (0.160)
IDADE	-0.0008 (0.374)	-0.0385 (0.000)***	-0.0055 (0.179)	0.0010 (0.395)	0.0011 (0.757)	-0.0010 (0.834)
ROA	0.0065 (0.918)	0.1657 (0.568)	0.0894 (0.796)	-0.0241 (0.707)	-0.0753 (0.692)	0.2447 (0.401)
Q-Tobin	-0.0005 (0.959)	-0.1041 (0.067)*	0.0073 (0.867)	-0.0055 (0.523)	-0.1296 (0.001)***	-0.0255 (0.527)
_cons	-0.5301 (0.176)	-4.7640 (0.011)**	-2.4720 (0.217)	-0.3626 (0.315)	-3.7811 (0.009)**	0.6727 (0.723)
N. de Obs.	1655	1655	1655	1333	1333	1333
N. de Grupos	342	342	342	342	342	342
R ² Within	656	5.653	1.344	471	7.661	910

Legenda: NS= Não significativo, * $P<0.10$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$. Observação: Todos os modelos são de Efeitos Fixos com erros padrão robustos.

Nota: Variável dependente: ESG score (ESG); variável Independente: Transformação digital (DIG); Variáveis de mecanismo: Investimento verde (GreenInv), Transparência (Transp) e Governança (Gover); variável de moderação: Subsídio governamental (Sub) e Experiência do CEO (CEO); Variáveis de controle: Participação do índice ISE/B3 (ISE), Tamanho do ativo (TAM), Tempo de B3 (IDADE), Setor econômico (SETOR), Grau de alavancagem (LEV), Empresa pública o compartilhamento do governo (GOV), Retorno do Ativo (ROA) e Q-Tobin.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

4.6 ANÁLISES COMPLEMENTARES: MODELO DE TOBIT RE

A análise da variável dependente, ESG revelou uma alta concentração de observações censuradas à esquerda no limite zero (aproximadamente 68.7% da amostra). Esta característica indica que uma parcela significativa das empresas apresenta o nível mínimo de desempenho ESG, o que pode não ser adequadamente capturado por modelos lineares tradicionais. Para abordar essa natureza censurada

dos dados, um Modelo Tobit de Efeitos Aleatórios (xttobit, $ll(0)$) foi empregado como uma análise complementar.

É fundamental reconhecer que o modelo Tobit de Efeitos Aleatórios assume que os efeitos não observados específicos da empresa não são correlacionados com as variáveis explicativas. Esta é uma premissa que foi rejeitada pelo Teste de Hausman generalizado (xtoverid) ao compararmos os modelos de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios lineares. Conseqüentemente, embora o xttobit seja apropriado para lidar com a censura, seus coeficientes podem apresentar viés se essa correlação entre os efeitos aleatórios e os regressores realmente existir, o que é o caso em nossa pesquisa. Assim, os resultados do Tobit foram interpretados com essa ressalva, servindo mais como uma análise exploratória ou de robustez para a questão dos zeros do que como o modelo principal para inferências causais diretas.

Os coeficientes no modelo Tobit de Efeitos Aleatórios são interpretados como o efeito da variável independente na variável latente (não observada) do ESG, que representa a 'propensão' ou o 'potencial' de desempenho ESG não-censurado.

O resultado mais importante deste modelo, alinhando-se aos achados dos modelos de Efeitos Fixos, é a não significância estatística do coeficiente de DIG (Coef. = 0.0730, $p=0.243$).

Capítulo 5

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir dos modelos de regressão apresentam, invariavelmente, uma conclusão geral de que nenhuma das hipóteses propostas, pode ser sustentada e, conseqüentemente, o objetivo de apresentar que o uso de recursos de transformação digital impacta positivamente nos indicadores ESG não pode ser confirmado.

Contudo, a refutação exige uma discussão mais amplificada de cada hipótese a luz da literatura que, em tese, levou este trabalho a formulação inicial, ora atestada como falsa, de que a transformação digital teria uma influência positiva e significativa, também no ambiente brasileiro.

5.1 DISCUSSÃO DA HIPÓTESE H1

Quando controlados por características invariantes no tempo de cada empresa e focado na variação temporal intra-empresa, o nível de digitalização não se traduz diretamente em mudanças no desempenho ESG. Conseqüentemente, a Hipótese 1 (H1) não é suportada pelos dados neste modelo robusto em contra posição a Yang et al. (2024). Isso pode indicar que, no Brasil, a relação é mais complexa do que uma simples associação linear direta, talvez mediada por outros fatores.

Outro fator relevante: o impacto pode ser de longo prazo e não capturado em nossa janela temporal de 05 anos. A pesquisa de Yang et al. (2024) utiliza uma janela temporal de 10 anos, além disso o seu trabalho possui um quantitativo de 3.131 empresas listadas e 23.486 observações, enquanto o modelo desta pesquisa teve 342 empresas e 1.655 observações.

Os resultados das variáveis de analistas e uso de subsídios, que na pesquisa Yang et al. (2024) apresentaram um resultado positivo e significativo, nos trouxe resultados distintos, quanto ao uso de subsídios. A presença da cobertura de analistas tendem a ter um desempenho ESG significativamente maior, possivelmente devido a maior escrutínio e pressão por práticas sustentáveis, em conformidade com a literatura. O uso de subsídios se opõe a afirmação dos autores. O coeficiente significativo e negativo evidenciou uma possível contra intuição aos achados de Yang et al. (2024). O resultado contraintuitivo sugere que empresas que recebem subsídios para inovação podem apresentar um desempenho ESG menor. Isso levanta questões sobre o foco dos subsídios se são exclusivamente tecnológicos e não ESG-orientados, isto é, o foco da digitalização pode, em muitos casos, não estar diretamente alinhado a objetivos de sustentabilidade, ou sobre a natureza das empresas que dependem mais desses subsídios.

Importante destacar o impacto positivo do indicador ISE/B3 e do tamanho do ativo no impacto em ESG. Em acordo com Silva & Mascena (2024) o coeficiente altamente significativo e positivo de ISE reforça que a participação em índices de sustentabilidade é um forte preditor de bons scores ESG, bem como o tamanho do ativo apresenta um coeficiente marginalmente significativo e positivo, alinhado com a literatura (Cho et al., 2010; Sari & Prihandini, 2019) que demonstram que empresas maiores têm mais recursos e visibilidade para investir em ESG.

Ao excluir do modelo de regressão o ano pandêmico (2020), identificou-se que o impacto anteriormente observado do subsídio e do tamanho da empresa no ESG não se mostrou robusto à exclusão do ano de 2020, tornando-se não significativo. Isso sugere que a relação dessas variáveis com o ESG pode ter sido influenciada por dinâmicas específicas daquele período. A experiência do CEO, embora não

significativo na amostra completa, tornou-se marginalmente significativo e positivo nesta subamostra, sugerindo um potencial impacto que é mais evidente fora do ano pandêmico.

5.2 DISCUSSÃO DOS EFEITOS MODERADORES

Sob a perspectiva da teoria das capacidades dinâmicas e alinhados a Zhang et al. (2024) e Oyinlola (2025), além das características internas que modelam a vantagem competitiva, há influência de eventos externos, capazes de modera-los. Desta forma, seguindo o trabalho de Yang et al. (2024), foi utilizado o uso de subsídios e a experiência do CEO, como moderados da inovação verde no desempenho ESG .

Identificou-se que a presença de subsídios para inovação não altera de forma discernível o efeito da inovação verde no desempenho ESG das empresas. Este resultado pode ser interpretado sob diferentes perspectivas. Primeiramente, sugere que a eficácia da inovação verde no ESG é um fenômeno independente do financiamento via subsídio governamental. É possível que o subsídio seja destinado a inovações mais amplas, não necessariamente vinculadas a resultados ESG, ou que as empresas já comprometidas com ESG realizem inovações verdes independentemente do incentivo de subsídios. Isso reforça que a inovação verde, por si só, é um potente impulsionador do ESG. A ausência de moderação implica que, para maximizar o impacto da inovação verde no ESG, as empresas e formuladores de políticas devem focar na adoção e implementação da própria inovação verde, e não na expectativa de que os subsídios alterem fundamentalmente essa relação.

Isso significa que a amplitude do efeito da inovação verde no ESG não é significativamente influenciada pelo nível de experiência profissional do CEO. Embora se pudesse teorizar, conforme Hu & Liu (2015), que CEOs mais experientes estariam

mais aptos a integrar inovações verdes em estratégias de sustentabilidade de forma eficaz, os achados sugerem que o impacto da inovação verde no ESG opera independentemente dessa característica da liderança. Possivelmente, a adoção de inovação verde e seus benefícios para o ESG são impulsionados por fatores organizacionais mais amplos, como cultura corporativa, estrutura de governança ou pressão de stakeholders (Ziolo et al., 2023), e menos pela experiência individual do CEO em setores de negócio o que reforça sua importância intrínseca e indica que a experiência do CEO, por si só, não exerce um impacto discernível no ESG quando a interação com a inovação verde é testada.

5.3 DISCUSSÃO DOS MECANISMOS DE MEDIAÇÃO

Os pilares ESG, quando analisados de forma isolada podem ter impactos distintos segundo Liu et al. (2022), Rahman et al. (2023) e Cheng et al. (2023), do que quando observados de forma conjunta. Desta forma Yang et al. (2024) buscam entendê-los como meios (mecanismos).

O avanço na digitalização não se traduz diretamente em um aumento ou diminuição discernível na adoção de inovações verdes, ainda que controlado por características fixas da empresa, em contraposição aos achados de Yang et al. (2024). Uma possível explicação é que a inovação verde pode ser impulsionada por fatores mais específicos, como estratégias de sustentabilidade corporativas, pressões regulatórias ambientais ou demanda de mercado por produtos e processos sustentáveis, e não pela digitalização em si mesma. A transformação digital, neste contexto, pode ser uma ferramenta facilitadora para a inovação, mas não um motor primário para que esta seja especificamente 'verde'.

Embora ferramentas digitais possam facilitar a coleta e disseminação de dados, a decisão de ser transparente é, em última instância, uma escolha estratégica e cultural da empresa, impulsionada por fatores como governança corporativa e pressão de stakeholders, e não meramente pela capacidade tecnológica. Este resultado desafia a premissa de que a digitalização, por si só, leva a uma maior transparência corporativa Yang et al. (2024).

As estruturas de governança e os processos de tomada de decisão, que são o cerne da governança, podem ser mais influenciados por fatores regulatórios, características do conselho de administração e cultura organizacional, e menos por ferramentas digitais em si. Isso sugere que o investimento em transformação digital não se traduz, de forma linear e detectável, em melhorias na governança corporativa (Ziolo et al., 2023).

Os resultados sugerem que a influência da transformação digital no desenvolvimento sustentável corporativo (ESG), se houver, não ocorre de forma linear e direta através desses mecanismos específicos. Pesquisas futuras deveriam explorar outros mediadores ou modelos mais complexos que considerem interações não-lineares ou abordagens de mediação mais sofisticadas.

5.4 DISCUSSÃO DO TESTE DE ROBUSTEZ

Em face do alto número de zeros encontrados na base de dados, foi aplicado o teste de efeitos aleatório do modelo de Tobit, com o intuito de isolar o seu impacto. Reforçamos que o teste de Hausmann, indicou o teste de efeitos fixos como mais apropriado na modelagem de regressão, mas dada a característica do impacto dos zeros realizou-se o teste.

Os achados sugerem que a relação principal (ESG e DIG) e os mecanismos propostos não são influenciados pela censura dos dados e reforça o achado de que a ausência de um impacto direto é robusta e não um artefato do método estatístico utilizado. No modelo Tobit de efeitos aleatórios, o resultado para o coeficiente de DIG reforça a robustez do achado principal. O fato de a significância da relação principal e dos mecanismos propostos se manter a mesma nos modelos efeitos fixos e aleatórios é um achado importante, pois minimiza a preocupação com a censura de dados e aumenta a confiança em nossos resultados.

Apesar de oferecer uma abordagem mais sofisticada para lidar com a censura em zero, os resultados do xttobit de Efeitos Aleatórios devem ser interpretados com cautela devido à possível violação da suposição de exogeneidade dos efeitos aleatórios (conforme indicado pelo teste xtoverid). Contudo, o modelo reforça a não significância da transformação digital no desempenho ESG e destaca outros preditores importantes, como ISE, TAM CEO, IDADE e, notavelmente, o Q-Tobin.

A divergência em algumas significâncias e magnitudes de coeficientes em relação ao modelo de Efeitos Fixos sublinha a importância de considerar a especificação do modelo e as características dos dados ao inferir relações causais.

Capítulo 6

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação digital não demonstra um impacto direto e estatisticamente significativo no ESG em modelos de Efeitos Fixos. Nem o subsídio governamental, nem a experiência do CEO moderam o impacto da inovação verde no ESG. Os caminhos de mediação propostos não são suportados: A digitalização não impacta significativamente a inovação verde, transparência ou governança. Empresas listadas no ISE e tamanho são preditores robustos de ESG. A presença de analistas também tem um impacto positivo significativo, tal como a inovação verde, esse robusto, no ESG.

6.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Os achados deste estudo, juntamente com a sua abordagem metodológica e contextual, oferecem diversas contribuições para a literatura acadêmica e para a prática gerencial, conforme detalhado a seguir.

6.1.1 Contribuição teórica

Primeiramente, este estudo contribui ao desafiar a generalização de que a transformação digital, por si só, se traduz em um motor direto para a performance ESG, especialmente em um contexto de mercado emergente. Ao evidenciar que a relação entre a transformação digital e o ESG é mais complexa e não linear do que frequentemente assumido na literatura (Yang & Han 2024), o trabalho reforça a necessidade de um entendimento mais nuançado de como a tecnologia pode servir a objetivos de sustentabilidade.

Adicionalmente, os resultados sobre a não-moderação de fatores como subsídios governamentais e a experiência do CEO sobre a relação entre inovação verde e ESG abrem novas frentes de debate teórico. Eles sugerem que, em mercados como o brasileiro, a eficácia da inovação verde pode ser impulsionada por fatores mais intrínsecos e organizacionais, como a cultura corporativa e a pressão de stakeholders, do que por características externas ou individuais.

6.1.2 Contribuição metodológica

Metodologicamente, este estudo contribui ao adaptar o modelo de Yang et al. (2024) para a realidade do mercado brasileiro. A partir de uma análise de conteúdo dos relatórios anuais, um dicionário de termos-chave foi ajustado para capturar de forma mais eficaz a presença da transformação digital neste contexto específico. Essa adaptação oferece uma *proxy* válida e replicável para futuras pesquisas que busquem mensurar a digitalização em contextos onde os dados tradicionais são escassos, superando as limitações de aplicabilidade direta do modelo original.

6.1.3 Contribuição para prática gerencial

Para a prática gerencial, os achados apresentam que investimentos em transformação digital, se visam melhorias de ESG, precisam ser acompanhados de estratégias específicas focadas na sustentabilidade. O foco deve estar em como a digitalização facilita práticas ESG, em vez de ser um fim em si. Além disso, a relevância da cobertura de analistas, do ISE e do investimento verde como impulsionadores do ESG é reforçada.

Além disso, a relevância da cobertura de analistas, da participação em índices de sustentabilidade (ISE) e de investimentos específicos em inovação verde como

impulsionadores do ESG é reforçada. Isso sinaliza aos gestores que, para alcançar um alto desempenho ESG, as empresas devem focar no engajamento com *stakeholders* e em ações de sustentabilidade com impacto direto, que podem ser posteriormente potencializadas pela transformação digital.

Por fim, o desafio encontrado na coleta de dados — a necessidade de recorrer a notas explicativas para suprir a ausência de relatórios anuais — ressalta uma contribuição prática para o mercado. Ele evidencia a lacuna na padronização da divulgação de informações sobre transformação digital. Para que o mercado possa mensurar e valorizar de forma mais eficaz os esforços das empresas em digitalização, é crucial que haja uma comunicação mais clara e consistente por meio de relatórios padronizados.

6.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE PESQUISA

6.2.1 Limitações da pesquisa

O presente estudo, embora robusto, apresenta as seguintes limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados:

- A alta concentração de zeros na variável dependente ESG, o que levanta a questão sobre a aplicabilidade de modelos lineares e a complexidade de modelos alternativos.
- A janela de tempo de análise é limitada ao período de 2020 a 2024, o que pode não ser suficiente para capturar os efeitos de longo prazo da transformação digital.

- A generalidade da variável de transformação digital, que serve como uma *proxy* ampla e pode não refletir as nuances de tecnologias específicas, como a IAGEN.
- Apesar do uso de um modelo de Efeitos Fixos, o estudo pode estar sujeito a outras formas de endogeneidade que não foram tratadas.
- A especificidade da amostra de empresas, focada no mercado brasileiro, restringe a generalização dos achados para outros contextos geográficos e econômicos.

6.2.2 Sugestões de pesquisa

Os achados deste estudo, juntamente com as suas limitações, abrem diversas avenidas para futuras pesquisas. Sugerimos as seguintes direções:

- **Relações Não-Lineares:** Investigar de forma aprofundada a natureza não-linear da relação entre transformação digital e ESG, explorando a existência de efeitos de limiar ou em U-invertido, o que pode revelar a fase em que a digitalização se torna mais ou menos benéfica para a sustentabilidade.
- **Dados de Longo Prazo:** Utilizar um horizonte temporal mais longo para capturar os efeitos defasados da transformação digital no desempenho ESG, uma vez que os resultados de investimentos em tecnologia podem não ser imediatos.
- **Métricas Específicas:** Desenvolver *proxies* mais específicas para a digitalização, que permitam analisar o impacto de tecnologias específicas, como a Inteligência Artificial Generativa (IA GEN), de forma isolada, superando a generalidade da variável utilizada neste estudo.

- Modelos Avançados: Explorar o uso de modelos econométricos mais avançados para dados censurados com Efeitos Fixos, o que resolveria a limitação encontrada neste trabalho e forneceria uma análise ainda mais precisa.

REFERÊNCIAS

- Aldowaish, A., Kokuryo, J., Almazyad, O., & Goi, H. C. (2022). Environmental, social, and governance integration into the business model: Literature review and research agenda. *Sustainability*, 14(5), 2959. <https://doi.org/10.3390/su14052959>
- Alkaraan, F., Albitar, K., Hussainey, K., & Venkatesh, V. G. (2022). Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change*, 175, Article 121423. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>
- Amit, R., & Schoemaker, P. J. H. (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 14(1), 33–46. <https://doi.org/10.1002/smj.4250140105>
- Arguedas, A. R., & Simon, F. M. (2023). Automating democracy: Generative AI, journalism, and the future of democracy. *Balliol Interdisciplinary Institute, University of Oxford*. https://www.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2023/08/BII_Report_Arguedas_Simon.pdf
- Barney, J. B. (1986). Strategic factor markets: Expectations, luck, and business strategy. *Management Science*, 32(10), 1231–1241. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.10.1231>
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Barrymore, N. (2022). Green or greenwashing? How manager and investor preferences shape firm strategy. *Wharton Research Data Services*. <https://ssrn.com/abstract=4555581>
- Battisti, E., Nirino, N., Leonidou, E., & Thrassou, A. (2022). Corporate venture capital and CSR performance: An extended resource-based view's perspective. *Journal of Business Research*, 139, 1058–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.10.054>
- Becker, M. C., Lazaric, N., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2005). Applying organizational routines in understanding organizational change. *Industrial and Corporate Change*, 14(5), 775–791. <https://doi.org/10.1093/icc/dth071>
- Bedi, P., Goyal, S. B., & Kumar, J. (2020). Basic structure on artificial intelligence: A revolution in risk management and compliance. In *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)* (pp. 570–576). IEEE. 10.1109/ICISS49785.2020.9315986

- Bhagat, R., Chauhan, V., & Bhagat, P. (2022). Investigating the impact of artificial intelligence on consumers' purchase intention in e-retailing. *Foresight*, 25(2), 249–263. <https://doi.org/10.1108/FS-10-2021-0218>
- Budhwar, P., Chowdhury, S., Wood, G., Aguinis, H., Bamber, G. J., Beltran, J. R., Boselie, P., Cooke, F. L., Decker, S., DeNisi, A., Dey, P. K., Guest, D., Knoblich, A. J., Malik, A., Paauwe, J., Papagiannidis, S., Patel, C., Pereira, V., Ren, S., Rogelberg, S., Saunders, M. N. K., Tung, R. L., & Varma, A. (2023). Human resource management in the age of generative artificial intelligence: Perspectives and research directions on ChatGPT. *Human Resource Management Journal*, 33(3), 606–659. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12524>
- Burnaev, E., Mironov, E., Shpilman, A., Mironenko, M., & Katalevsky, D. (2023). Practical AI cases for solving ESG challenges. *Sustainability*, 15(17), Article 12731. <https://doi.org/10.3390/su151712731>
- Collis, D. J. (1994). Research note: How valuable are organizational capabilities? *Strategic Management Journal*, 15(S1), 143–152. <https://doi.org/10.1002/smj.4250150910>
- Cheng, L. T. W., Lee, S. K., Li, S. K., & Tsang, C. K. (2023). Understanding resource deployment efficiency for ESG and financial performance: A DEA approach. *Research in International Business and Finance*, 65, Article 101941. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2023.101941>
- Dierickx, I., & Cool, K. (1989). Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management Science*, 35(12), 1415–1524. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.12.1504>
- Dosi, G., Faillo, M., & Marengo, L. (2008). Organizational capabilities, patterns of knowledge accumulation and governance structures in business firms: An introduction. *Organization Studies*, 29(8–9), 1165–1185. <https://doi.org/10.1177/0170840608094775>
- Du, Z., & Chen, C. (2025). AI vs. ESG? Uncovering a Bidirectional Struggle in China's Sustainable Finance. *Sustainability*, 17(9), 4238. <https://doi.org/10.3390/su17094238>
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 1105–1121. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11%3C1105::AID-SMJ133%3E3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11%3C1105::AID-SMJ133%3E3.0.CO;2-E)
- Epstein, Z., & Hertzmann, A. (2023). Art and the science of generative AI. *Science*, 380(6650), 1110–1111. DOI: 10.1126/science.adh4451
- Fatemi, A., Glaum, M., & Kaiser, S. (2018). ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. *Global Finance Journal*, 38, 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001>

- Feuerriegel, S., Hartmann, J., Janiesch, C., & Zschech, P. (2024). Generative AI. *Business & Information Systems Engineering*, 66(1), 111–126. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-023-00834-7>
- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- Gao, Y., Liu, S., & Yang, L. (2025). Artificial intelligence and innovation capability: A dynamic capabilities perspective. *International Review of Economics & Finance*, 98, Article 103923. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103923>
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114–135. <https://doi.org/10.2307/41166664>
- Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17(S1), 109–122. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171110>
- Gregory, S. (2023). Fortify the truth: How to defend human rights in an age of deepfakes and generative AI. *Journal of Human Rights Practice*, 15(3), 702–714. <https://doi.org/10.1093/jhuman/huad035>
- Guo, J., Leng, J., Zhao, L., Zhou, X., Yuan, Y., Lu, Y., Mourtzis, D., Qi, Q., Huang, S., Song, X., Liu, Q., & Wang, L. (2024). Industrial metaverse towards Industry 5.0: Connotation, architecture, enablers, and challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 76, 25–42. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.07.007>
- Gupta, M., Akiri, C., Aryal, K., Parker, E., & Praharaj, L. (2023). From ChatGPT to ThreatGPT: Impact of generative AI in cybersecurity and privacy. *IEEE Transactions on Technology and Society*, 11, 1–28. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10198233>
- Hanson, D. (2013). ESG investing in Graham & Doddsville. *Journal of Applied Corporate Finance*, 25(3), 20–31. <https://doi.org/10.1111/jacf.12024>
- Harraca, P. (2022). *O poder transformador do ESG: como alinhar lucro e propósito*. Planeta do Brasil.
- He, Y., Li, J., & Ren, Y. (2024). Digital transformation and corporate ESG information disclosure herd effect. *Finance Research Letters*, 65, Article 105557. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105557>
- Helfat, C. E., & Peteraf, M. A. (2003). The dynamic resource-based view: capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10), 997–1010. <https://doi.org/10.1002/smj.332>

- Helfat, C. E., & Winter, S. G. (2011). Untangling dynamic and operational capabilities: Strategy for the (n)ever-changing world. *Strategic Management Journal*, 32(11), 1243–1250. <https://doi.org/10.1002/smj.955>
- Hu, C., & Liu, Y.-J. (2015). Valuing diversity: CEOs' career experiences and corporate investment. *Journal of Corporate Finance*, 30, 11–31. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.08.001>
- Hughes, A., Urban, M. A., & Wójcik, D. (2021). Alternative ESG ratings: How technological innovation is reshaping sustainable investment. *Sustainability*, 13(6), Article 3551. <https://doi.org/10.3390/su13063551>
- Inamdar, M. M. (2024). Moderating role of ESG disclosures and its impact on firm financial performance. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 97, 101892. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2024.101892>
- Jankovic, S. D., & Curovic, D. M. (2023). Strategic integration of artificial intelligence for sustainable businesses: Implications for data management and human user engagement in the digital era. *Sustainability*, 15(21), Article 15208. <https://doi.org/10.3390/su152115208>
- Kaiser, R. (2020). ESG integration: value, growth and momentum. *Journal of Asset Management*, 21(1), 32–51. <https://link.springer.com/article/10.1057/s41260-019-00148-y>
- Kar, A. K., Varsha, P. S., & Rajan, S. (2023). Unravelling the impact of generative artificial intelligence (GAI) in industrial applications: A review of scientific and grey literature. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 24(4), 659–689. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40171-023-00356-x>
- Khan, M. A. (2022). ESG disclosure and firm performance: A bibliometric and meta-analysis. *Research in International Business and Finance*, 61, Article 101668. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101668>
- Kiron, D. (2022). AI can change how you measure—and how you manage. *MIT Sloan Management Review*, 63(3), 24–28. <https://sloanreview.mit.edu/article/ai-can-change-how-you-measure-and-how-you-manage/>
- Kitsios, F., & Kamariotou, M. (2021). Artificial intelligence and business strategy towards digital transformation: A research agenda. *Sustainability*, 13(4), Article 2025. <https://doi.org/10.3390/su13042025>
- Khaq, A., Anggaredho, P., Akbar, B., & Sunyoto, E. (2025). Green innovation and firm performance: A systematic literature review. *KnE Social Sciences*, 10(16), 301–314. <https://doi.org/10.18502/kss.v10i16.19187>
- Leng, J., Zhu, X., Huang, Z., Li, X., Zheng, P., Zhou, X., Mourtzis, D., Wang, B., Qi, Q., Shao, H., Wan, J., Chen, X., Wang, L., & Liu, Q. (2024). Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and

- challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 73, 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.02.010>
- Li, G., & Zhong, M. (2024). How do CEO's green characteristics affect ESG performance? *Applied Economics Letters*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/13504851.2024.2363269>
- Liang, Y., Lee, M. J., & Jung, J. S. (2022). Dynamic capabilities and ESG strategy for sustainable management performance. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 876656. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.887776/full>
- Liu, P., Zhu, B., Yang, M., & Chu, X. (2022). ESG and financial performance: A qualitative comparative analysis in China's new energy companies. *Journal of Cleaner Production*, 379, Article 134721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134721>
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Mendonça, C. M. C., Andrade, A. M. V. de, & Sousa Neto, M. V. de. (2018). Uso da IoT, Big Data e Inteligência Artificial nas capacidades dinâmicas. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 12(1), 131–151. <https://doi.org/10.12712/rpca.v12i1.1120>
- Mohammad, W. M. W., & Wasiuzzaman, S. (2021). Environmental, social and governance (ESG) disclosure, competitive advantage and performance of firms in Malaysia. *Cleaner Environmental Systems*, 2, Article 100015. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100015>
- OpenAI. (2019, February 14). *Better language models and their implications*. <https://openai.com/blog/better-language-models/>
- Oseni, A., Moustafa, N., Janicke, H., Liu, P., Tari, Z., & Vasilakos, A. (2021). Security and privacy for artificial intelligence: Opportunities and challenges. *Journal of the ACM*, 37(4), 1–35. <https://arxiv.org/pdf/2102.04661>
- Oyinlola, B. (2025). Do CEO and board characteristics matter in the ESG performance of their firms? *Corporate Governance*, 25(8), 21–39. <https://doi.org/10.1108/CG-01-2024-0052>
- Pacheco-de-Almeida, G., & Zemsky, P. (2007). The timing of resource development and sustainable competitive advantage. *Management Science*, 53(4), 651–666. <https://www.jstor.org/stable/20110728>
- Pan, Y. (2016). Heading toward Artificial Intelligence 2.0. *Engineering*, 2(4), 409–413. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2016.04.018>

- Pileggi, S. F. (2024). Ontology in hybrid intelligence: A concise literature review. *Future Internet*, 16(8), Article 268. <https://doi.org/10.3390/fi16080268>
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- Porter, M. M. (1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, 68(2), 73–93. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=6105>
- Priem, R. L., & Butler, J. E. (2001). Is the resource-based “view” a useful perspective for strategic management research? *Academy of Management Review*, 26(1), 22–40. <https://doi.org/10.5465/amr.2001.4011928>
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). *Language models are unsupervised multitask learners*. OpenAI. <https://openai.com/research/language-models-are-unsupervised-multitask-learners>
- Rajesh, R. (2020). Exploring the sustainability performances of firms using environmental, social, and governance scores. *Journal of Cleaner Production*, 247, Article 119600. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119600>
- Rahman, H. U., Zahid, M., Abdulaziz, M., & Al-Faryan, S. (2023). ESG and firm performance: The rarely explored moderation of sustainability strategy and top management commitment. *Journal of Cleaner Production*, 404, Article 136859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136859>
- Richter, M. F., Machado, A. de B., Peixoto, J. A., & Morbach, J. (2022). Relações entre transformação digital e sustentabilidade: Os pilares do ESG. *Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade*, 2(3), 89–113. <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/222>
- Rouhani, S., Ashrafi, A., Ravasan, A. Z., & Afshari, S. (2016). The impact model of business intelligence on decision support and organizational benefits. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(1), 19–50. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2014-0126>
- Ruiz-Blanco, S., Romero, S., & Fernandez-Feijoo, B. (2022). Green, blue or black, but washing – What company characteristics determine greenwashing? *Environment, Development and Sustainability*, 24(4), 4024–4045. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01602-x>
- Saetra, H. S. (2023). Generative AI: Here to stay, but for good? *Technology in Society*, 75, Article 102372. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102372>
- Sang, S., Yan, A., & Ahmad, M. (2024). CEO experience and enterprise environment, social and governance performance: Evidence from China. *Sustainability*, 16(11), Article 4403. <https://doi.org/10.3390/su16114403>

- Sari, P., & Prihandini, W. (2019). Corporate social responsibility and tax aggressiveness in perspective legitimacy theory. *International Journal of Economics, Business and Accounting Research*, 3(4). <https://doi.org/10.29040/ijebar.v3i04.726>
- Schrage, M., Kiron, D., Candelon, F., Khodabandeh, S., & Chu, M. (2023). Improve key performance indicators with AI. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/article/improve-key-performance-indicators-with-ai/>
- Sharma, R., & Gupta, H. (2024). Leveraging cognitive digital twins in Industry 5.0 for achieving Sustainable Development Goal 9: An exploration of inclusive and sustainable industrialization strategies. *Journal of Cleaner Production*, 448, Article 141364. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141364>
- Silva, F. E. da, & Mascena, K. M. C. de. (2024). The relationship between ESG and binancial performance in Brazilian companies. *Revista de Administração da UFSM*, 17(4). <https://www.scielo.br/j/reaufsm/a/jk3KvbmMYXnzYCJs8cw69FD/?format=pdf&lang=en>
- Simon, F. M., Altay, S., & Mercier, H. (2023). Misinformation reloaded? Fears about the impact of generative AI on misinformation are overblown. *Harvard Kennedy School Misinformation Review*, 4(5). <https://misinfoeview.hks.harvard.edu/article/misinformation-reloaded-fears-about-the-impact-of-generative-ai-on-misinformation-are-overblown/>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Thibault, M., Kivikangas, T., Roihankorpi, R., Pohjola, P., & Aho, M. (2023). Who am AI?: Mapping generative AI impact and transformative potential in creative ecosystem. *Proceedings of the 26th International Academic Mindtrek Conference*, 344–349. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3616961.3617804>
- Truant, E., Borlatto, E., Crocco, E., & Bhatia, M. (2023). ESG performance and technological change: Current state-of-the-art, development and future directions. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139493>
- UN General Assembly. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1). United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Nerini, F. F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11, Article 233. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Vittayavaroakit, P., & Damnet, A. (2024). Building organizational sustainability through intercultural communication via vision, mission, and core value. *Asian Social Science and Humanities Research Journal*, 6(1), 27–38. DOI:10.37698/ashrej.v6i1.290
- Von Krogh, G., Roberson, Q., & Gruber, M. (2023). Recognizing and utilizing novel research opportunities with artificial intelligence. *Academy of Management Journal*, 66(2), 367–373. <https://doi.org/10.5465/amj.2023.4002>
- Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2007). Dynamic capabilities: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 31–51. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00201.x>
- Wang, S., & Esperança, J. P. (2023). Can digital transformation improve market and ESG performance? Evidence from Chinese SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 419, Article 137980. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137980>
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171–180. <https://doi.org/10.1002/smj.4250050207>
- Widder, D. G., Whittaker, M., & West, S. M. (2023). Open (for business): Big tech, concentrated power, and the political economy of open AI. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4543807
- Yang, B. M., & Yang, O. S. (2022). Assessing the effect of dynamic capabilities on the ESG reporting and corporate performance relationship with topic modeling: Evidence from global companies. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 898935. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.898935>
- Yang, J., Liu, Y., & Morgan, P. L. (2024). Human–machine interaction towards Industry 5.0: Human-centric smart manufacturing. *Digital Engineering*, 2, Article 100013. <https://doi.org/10.1016/j.dte.2024.100013>
- Yang, P., Hao, X., Wang, L., Zhang, S., & Yang, L. (2024). Moving toward sustainable development: The influence of digital transformation on corporate ESG performance. *Kybernetes*, 53(2), 669–687. <https://doi.org/10.1108/K-03-2023-0521>
- Yang, X., & Han, Q. (2024). Nonlinear effects of enterprise digital transformation on environmental, social and governance (ESG) performance: evidence from

China. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 15(2), 355–381. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-08-2023-0553>

- Yucel, M., & Yucel, S. (2024). Environmental, social, and governance (ESG) dynamics in the energy sector: Strategic approaches for sustainable development. *Energies*, 17(24), Article 6291. <https://doi.org/10.3390/en17246291>
- Zhang, P., & Kamel Boulos, M. N. (2023). Generative AI in medicine and healthcare: Promises, opportunities and challenges. *Future Internet*, 15(9), Article 286. <https://doi.org/10.3390/fi15090286>
- Zhao, Q., Li, X., & Li, S. (2023). Analyzing the relationship between digital transformation strategy and ESG performance in large manufacturing enterprises: The mediating role of green innovation. *Sustainability*, 15(13), Article 9998. <https://doi.org/10.3390/su15139998>
- Zhao, X., & Cai, L. (2023). Digital transformation and corporate ESG: Evidence from China. *Finance Research Letters*, 58(Part A), Article 104310. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104310>
- Ziolo, M., Bak, I., & Spoz, A. (2023). Theoretical framework of sustainable value creation by companies: What do we know so far? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(5), 2344–2361. <https://doi.org/10.1002/csr.2489>
- Zollo, M., & Winter, S. G. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization Science*, 13(3), 223–353. <https://doi.org/10.1287/orsc.13.3.339.2780>