

AGRESSIVIDADE FISCAL E SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA EXTRATIVISTA

GILBERTO CARLOS MONTEIRO DAROSI

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL - PPGA

MANOEL HONORATO FILHO

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL - PPGA

DANI CABREIRA DA SILVA

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL - PPGA

DANIEL ELIAS BECKER

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL - PPGA

SANDRO VIEIRA SOARES

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL - PPGA

RESUMO: Este artigo investiga os efeitos das emissões de dióxido de carbono por ativo (CO_2/A), do porte empresarial (SIZE), da rentabilidade (ROA) e de suas interações sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR) em empresas da indústria extrativista brasileira. A pesquisa fundamenta-se em abordagem quantitativa, com aplicação de regressão quantílica nos quantis Q1, Q2 e Q3 da distribuição condicional da ETR, permitindo a identificação de efeitos heterogêneos ao longo da distribuição. Os resultados empíricos indicam que empresas com maior intensidade de emissões apresentam ETR significativamente inferior nos quantis inferiores, sugerindo práticas de planejamento tributário agressivo ou aproveitamento de incentivos fiscais. A interação $CO_2/A \times SIZE$ revelou-se positiva e estatisticamente significativa nos quantis Q1 e Q2, evidenciando que empresas de maior porte mitigam mais eficientemente os impactos tributários das emissões. A variável ROA apresentou efeito negativo apenas no Q1, enquanto as interações com ROA não foram significativas. A métrica CO_2/A , proposta pelos autores, demonstrou-se eficaz para mensurar a intensidade relativa das emissões ajustada pela estrutura patrimonial. Os achados contribuem para o debate sobre justiça fiscal e sustentabilidade, ao evidenciar que empresas mais poluentes podem incorrer em menor carga tributária efetiva. Tais evidências apontam para a necessidade de revisão dos mecanismos fiscais ambientais no Brasil, com vistas à promoção de práticas empresariais mais sustentáveis.

Palavras-chave: emissões de CO_2 , *Effective tax rate*, agressividade fiscal, sustentabilidade, desempenho.

1 INTRODUÇÃO

A crescente ênfase global na sustentabilidade e na transparência corporativa tem po-sicionado as inter-relações entre emissões de CO₂, características empresariais e obrigações fiscais como uma área de investigação proeminente (Shrestha et al., 2022; Mahendra et al., 2024). Nos últimos anos, a pesquisa acadêmica transcendeu a análise dos impactos ambientais diretos para explorar as implicações financeiras e tributárias das emissões de carbono, refletindo uma integração do desempenho ambiental às métricas financeiras corporativas (Wu et al., 2024; Feng et al., 2024). Essa integração é relevante nas empresas que enfrentam pressões regulatórias e de *stakeholders* para divulgar informações sobre suas emissões, especialmente em indústrias de uso intensivo de carbono que contribuem para os gases de efeito estufa (Bedi & Singh, 2024; Fitriani & Sunarsih, 2024).

O problema central que este estudo aborda reside nas complexas e, por vezes, contra-ditórias relações entre as emissões de carbono, o tamanho da empresa, a lucratividade e seus efeitos combinados sobre a alíquota efetiva de imposto (*Effective Tax Rate* - ETR) e comportamentos de planejamento tributário agressivo (Putri & Warnida, 2023; Rahmatania et al., 2024). Apesar do avanço dos estudos empíricos, persiste a lacuna sobre como essas variáveis influenciam os resultados fiscais em diferentes contextos (Aprilyani Dewi & Agustina, 2023). Enquanto alguns trabalhos apontam que empresas maiores usam a gestão de carbono para re-duzir tributos (Apriliani et al., 2024), outros relatam efeitos nulos ou negativos (Radityo & Bandi, 2024; Lestari et al., 2024), evidenciando a necessidade de uma síntese abrangente para orientar governança e políticas públicas (Wang et al., 2024).

Nesse contexto, este estudo se aprofunda na indústria extrativista brasileira. O objetivo principal é investigar o efeito das emissões de CO₂ por ativo, do tamanho da empresa, da rentabilidade e das interações entre essas variáveis sobre a ETR. A pesquisa busca responder como esses fatores, em conjunto, influenciam a carga tributária efetiva, utilizando a regressão quantílica para analisar os efeitos em diferentes pontos da distribuição da ETR, proporcionando uma compreensão mais detalhada das heterogeneidades presentes no setor.

Conceitualmente, a análise se baseia na estrutura que conecta o desempenho ambiental corporativo (CEP), medido pelas emissões de CO₂, ao desempenho financeiro (CFP) e aos resultados fiscais (Mastrandrea et al., 2024; Bouaddi et al., 2023). O tamanho e a lucratividade da empresa são tratados como fatores moderadores, com base nas teorias de *stakeholders* e da legitimidade, que explicam as motivações corporativas para a divulgação ambiental e as estratégias fiscais (Emmanuel et al., 2023; Hågen & Ahmed, 2024). A hipótese subjacente é que a gestão eficaz de carbono pode sinalizar responsabilidade corporativa, afetando as obrigações fiscais (Perdichizzi et al., 2023). Ao sintetizar achados e aplicar uma metodologia robusta, este trabalho visa resolver inconsistências e fornecer informações acionáveis para acadêmicos, pro-fissionais e formuladores de políticas (Ghose et al., 2022), contribuindo para o debate sobre justiça fiscal e sustentabilidade no Brasil.

Este artigo está estruturado em cinco seções principais. A introdução apresenta o contexto teórico e empírico que motiva a investigação, destacando a relevância da relação entre emissões de CO₂, características empresariais e tributação corporativa no âmbito da sustentabilidade. A segunda seção aborda a fundamentação teórica, com ênfase nas teorias dos *stakeholders* e da legitimidade, que sustentam as hipóteses sobre divulgação ambiental e estratégias fiscais. A terceira seção descreve a metodologia adotada, detalhando o delineamento quantitativo, a amostragem, as variáveis utilizadas e a aplicação da regressão quantílica como técnica estatística. Na quarta seção, são apresentados os resultados empíricos, incluindo estatísticas descritivas, correlações e coeficientes estimados nos diferentes quantis da ETR. Por fim, a quinta seção discute as implicações dos achados, propondo reflexões sobre justiça fiscal, sustentabilidade corporativa e recomendações para futuras pesquisas e políticas públicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A relação entre desempenho ambiental, características corporativas e agressividade fiscal é um campo de estudo que se apoia em diversas teorias consolidadas da administração e finanças. Esta seção explora os principais pilares teóricos que sustentam a análise da influência das emissões de CO₂, do porte e da rentabilidade sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR), com foco especial na Teoria dos Stakeholders e na Teoria da Legitimidade.

2.1 Teoria dos Stakeholders e a Gestão Ambiental Corporativa

A Teoria dos Stakeholders postula que a gestão de uma organização não deve se concentrar apenas nos interesses dos acionistas, mas em uma gama mais ampla de partes interessadas (stakeholders), que incluem funcionários, clientes, fornecedores, governo e a sociedade. No contexto da sustentabilidade, essa teoria sugere que as empresas são pressionadas a adotar práticas ambientalmente responsáveis para atender às expectativas e demandas desses grupos (Emmanuel et al., 2023). A divulgação de informações ambientais, como as emissões de carbono, comunica o compromisso da empresa com a responsabilidade socioambiental, buscando fortalecer seu relacionamento com os *stakeholders*.

Empresas que gerenciam ativamente suas emissões de CO₂ e comunicam suas ações de forma transparente podem obter vantagens competitivas, como a melhoria da reputação, maior lealdade do cliente e acesso facilitado a mercados e financiamentos (Perdichizzi et al., 2023). Por outro lado, a falha em atender às expectativas ambientais dos *stakeholders* pode resultar em sanções regulatórias, perda de mercado e danos à imagem corporativa. Nesse sentido, a gestão ambiental deixa de ser apenas uma questão de conformidade legal para se tornar um componente estratégico da gestão de relacionamento com as partes interessadas.

2.2 Teoria da Legitimidade e a Busca por Aceitação Social

Complementar à Teoria dos Stakeholders, a Teoria da Legitimidade foca na necessidade de uma organização justificar suas ações e sua própria existência perante a sociedade. Segundo essa teoria, as empresas operam com base em um "contrato social" implícito, que exige que suas atividades estejam alinhadas com os valores e normas sociais (Hágen & Ahmed, 2024). A legitimidade é um recurso valioso que garante o fluxo contínuo de recursos e o apoio necessário para a sobrevivência e o sucesso da organização.

Quanto à questão ambiental, a divulgação de informações sobre emissões de CO₂ pode ser vista como uma estratégia para obter, manter ou reparar a legitimidade. Empresas em setores de alto impacto ambiental, como a indústria extrativista, enfrentam um escrutínio público intenso e, portanto, têm uma necessidade maior de demonstrar que suas operações são legítimas e socialmente responsáveis (Fitriani & Sunarsih, 2024). A divulgação voluntária de dados ambientais, mesmo que não exigida por lei, pode ser uma tentativa de moldar a percepção pública e se antecipar a pressões regulatórias, garantindo a "licença social para operar".

2.3 Desempenho Ambiental, Desempenho Financeiro e Estratégias Fiscais

A literatura acadêmica tem explorado intensamente a conexão entre o Desempenho Ambiental Corporativo (CEP) e o Desempenho Financeiro Corporativo (CFP). A relação entre essas duas dimensões, no entanto, permanece complexa e, por vezes, contraditória (Mastrandrea et al., 2024; Bouaddi et al., 2023). Alguns estudos apontam para uma relação positiva, onde investimentos em sustentabilidade geram inovação, eficiência e, consequentemente, melhores resultados financeiros. Outros, no entanto, sugerem que os custos

associados às práticas ambientais podem, no curto prazo, impactar negativamente a lucratividade.

É nesse nexo que as estratégias fiscais ganham relevância. A ETR é uma medida consolidada da carga tributária real de uma empresa e, frequentemente, um indicador de planejamento tributário. Uma ETR baixa pode sugerir a utilização de estratégias de agressividade fiscal para minimizar o pagamento de impostos. A literatura tem investigado se as empresas utilizam seu desempenho ambiental como uma ferramenta nesse planejamento. Por exemplo, empresas com bom desempenho ambiental poderiam ter acesso a incentivos fiscais, reduzindo sua ETR. Alternativamente, empresas com alto impacto ambiental poderiam adotar um comportamento fiscal mais agressivo como forma de compensar os altos custos operacionais e de conformidade ambiental (Putri & Warnida, 2023; Rahmatania et al., 2024).

O porte da empresa (SIZE) e a rentabilidade (ROA) são fatores moderadores nessa relação. Empresas maiores e mais lucrativas geralmente possuem mais recursos para investir em práticas sustentáveis e, ao mesmo tempo, para estruturar planejamentos tributários sofisticados (Apriliani et al., 2024). No entanto, elas também estão sujeitas a um maior escrutínio por parte de *stakeholders* e autoridades fiscais. A interação entre emissões de CO₂, porte, rentabilidade e a ETR constitui, portanto, um campo fértil para investigação, com implicações diretas para a formulação de políticas públicas que busquem alinhar os incentivos econômicos com os objetivos de sustentabilidade (Wang et al., 2024; Ghose et al., 2022).

Diante do exposto emergem as seguintes hipóteses:

Hipótese nula (H₀):

As variáveis CO₂/A, SIZE, ROA, CO₂_A × SIZE e CO₂_A × ROA não têm efeito significativo sobre a ETR em nenhum dos quantis da distribuição (Q1, Q2, Q3).

Matematicamente:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$$

Hipótese alternativa (H₁):

Pelo menos uma das variáveis tem efeito significativo sobre a ETR em pelo menos um dos quantis da distribuição.

Matematicamente:

$$H_1: \exists \beta_i \neq 0 \text{ para algum } i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

A hipótese de que as emissões de dióxido de carbono por ativo (CO₂/A) influenciam negativamente a alíquota efetiva de imposto (ETR) encontra respaldo na literatura que associa desempenho ambiental a estratégias de planejamento tributário. Estudos como os de Wu, Wang e Peng (2024) indicam que empresas com maior intensidade de carbono podem se beneficiar de incentivos fiscais ou adotar práticas de evasão tributária para compensar os custos ambientais. No contexto brasileiro, essa relação é particularmente relevante na indústria extrativista, onde o impacto ambiental é elevado e a regulamentação fiscal ainda apresenta lacunas.

A hipótese de que o porte da empresa (SIZE) afeta a ETR está fundamentada na Teoria dos Stakeholders, segundo a qual empresas maiores estão mais expostas ao escrutínio público e regulatório, mas também possuem maior capacidade de estruturar planejamentos tributários sofisticados (Emmanuel et al., 2023).

A hipótese de que a rentabilidade (ROA) influencia a ETR é sustentada pela literatura que associa desempenho financeiro à capacidade de planejamento tributário. Empresas mais lucrativas, em tese, possuem maior incentivo e recursos para reduzir sua carga tributária efetiva (Apriliani et al., 2024).

A interação entre emissões de carbono por ativo e porte empresarial ($CO_2/A \times SIZE$) indica que empresas maiores conseguem mitigar mais eficientemente os impactos tributários das emissões. A literatura destaca o papel do tamanho como fator de moderação na relação entre desempenho ambiental e fiscal (Ghose et al., 2022). Empresas de grande porte tendem a possuir departamentos especializados em gestão tributária e ambiental, o que lhes confere vantagem na estruturação de estratégias que conciliam sustentabilidade e eficiência fiscal.

A hipótese de que a interação entre emissões de carbono e rentabilidade ($CO_2/A \times ROA$) afeta a ETR, a literatura sugere que empresas lucrativas podem utilizar seu desempenho financeiro como sinal de legitimidade perante stakeholders e autoridades fiscais (Hágen & Ahmed, 2024), o que poderia reduzir penalizações tributárias associadas ao impacto ambiental.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa de natureza descritiva e explicativa, buscando investigar as relações entre emissões de CO_2 , características empresariais e alíquota efetiva de imposto na indústria extrativista brasileira (Gil, 2025; Creswell & Creswell, 2021). O delineamento metodológico fundamenta-se na análise de dados secundários, caracterizando-se como uma pesquisa documental com corte transversal.

A amostra é composta por 7 empresas da indústria extrativista brasileira com dados disponíveis sobre emissões de CO_2 , informações financeiras e tributárias no período analisado de 2009 a 2024. Após o tratamento e normalização dos dados restaram 61 observações válidas. Os dados foram coletados de duas fontes principais: o Registro Público de Emissões da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e a base de dados da Brasil, Bolsa, Balcão (B3), garantindo a confiabilidade e a auditabilidade das informações (Lakatos & Marconi, 2022).

As variáveis foram operacionalizadas conforme segue: ETR (alíquota efetiva de imposto) como variável dependente; CO_2/A (emissões de CO_2 por ativo), como variável independente; e $SIZE$ (logaritmo natural dos ativos totais) e ROA (retorno sobre ativos) como variáveis de controle; e as interações $CO_2_A \times SIZE$ e $CO_2_A \times ROA$ como variáveis moderadoras. A métrica CO_2/A foi desenvolvida pelos autores para capturar a intensidade relativa das emissões ajustada pela estrutura patrimonial das empresas.

A estratégia de identificação deste estudo fundamenta-se na aplicação da regressão quantílica (Hair et al., 2009; Field, 2020) para estimar os efeitos das emissões de CO_2 por ativo (CO_2/A), do porte empresarial ($SIZE$), da rentabilidade (ROA) e de suas interações sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR). Ao utilizar quantis distintos da distribuição condicional da ETR (Q1, Q2 e Q3), o modelo permite capturar variações nos efeitos das variáveis explicativas ao longo da distribuição da carga tributária, superando limitações da regressão linear tradicional. Essa abordagem é especialmente adequada para contextos em que há heterogeneidade nos comportamentos fiscais das empresas, como no setor extrativista. A identificação dos efeitos causais é reforçada pela inclusão de variáveis moderadoras e pela utilização de dados auditáveis provenientes da FGV e da B3, o que contribui para a validade interna do modelo. Embora não se trate de um desenho experimental, a estrutura analítica adotada permite inferências robustas sobre os padrões de associação entre desempenho ambiental e agressividade fiscal (Yagi & Managi, 2018; Hassan & Romilly, 2018).

Modelo de Regressão Quantílica:

$$ETR_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot CO2_A_{it} + \beta_2 \cdot SIZE_{it} + \beta_3 \cdot ROA_{it} + \beta_4 \cdot (CO2_A_{it} \times SIZE_{it}) + \beta_5 \cdot (CO2_A_{it} \times ROA_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Onde:

- ETR_i: Taxa Efetiva de Imposto da empresa *i*;

- $CO2_A_i$: Emissões de CO_2 por ativo da empresa i ;
- $SIZE_i$: Log do Ativo, Tamanho da empresa i ;
- ROA_i : Retorno sobre ativos da empresa i ;
- $CO2_A \times SIZE$: Interação entre emissões e tamanho i ;
- $CO2_A \times ROA$: Interação entre emissões e lucratividade i ;
- β_0 a β_5 : Coeficientes estimados para cada variável i ;
- ε_i : Termo de erro (resíduo) da regressão.

4. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da análise empírica dos determinantes da ETR em empresas da indústria extrativista brasileira, com foco nas emissões de CO_2 por ativo ($CO2/A$), tamanho da empresa ($SIZE$), rentabilidade (ROA) e suas interações.

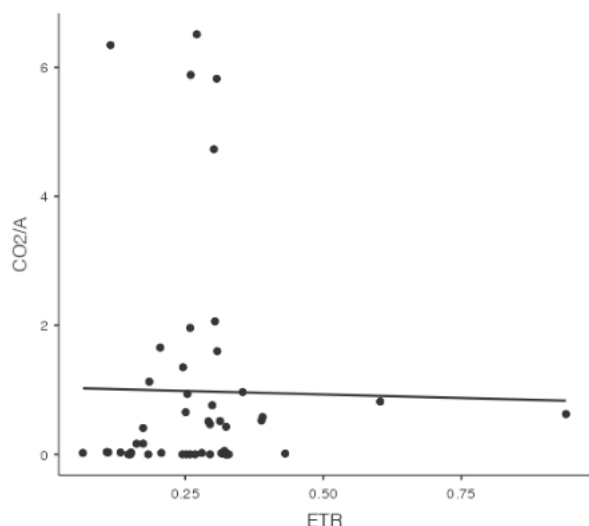
Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo.

Medida	ETR	$CO2/A$	$SIZE$	ROA	$CO2_A \times SIZE$	$CO2_A \times ROA$
Média	0.270	1.998	7.780	0.079	5.780	0.122
Mediana (Q2)	0.259	0.524	8.500	0.054	4.500	0.046
Desvio Padrão	0.142	2.278	0.840	0.084	7.920	0.215
Mínimo	0.064	0.012	6.600	-0.133	0.015	-0.101
Máximo	0.938	6.511	9.100	0.279	44.900	1.626
Q1 (25%)	0.173	0.165	7.200	0.021	0.230	0.001
Q3 (75%)	0.322	1.654	8.900	0.117	10.200	0.198

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FGV e B3. 2025.

Na Tabela 1, a variável ETR apresenta média de 27% com baixa dispersão ($DP = 0,142$), indicando estabilidade na carga tributária. A variável $CO2/A$ possui alta variabilidade ($DP = 2,278$), evidenciando diferenças significativas nas emissões relativas aos ativos. O tamanho das empresas ($SIZE$) concentra-se entre 6,6 e 9,1, com mediana superior à média. O ROA apresenta média positiva (0,079), mas com valores mínimos negativos, evidenciando que algumas empresas operam com prejuízo. As variáveis de interação revelam ampla dispersão, especialmente $CO2_A \times SIZE$ ($DP = 7,920$), indicando possíveis efeitos não lineares.

Gráfico 1. Gráfico de Dispersão entre CO_2_A e ETR.



Fonte: Autores, Jamovi. 2025.

O Gráfico 1 apresenta a dispersão entre as emissões de dióxido de carbono por ativo (CO_2/A) e a alíquota efetiva de imposto (ETR) para a amostra total de empresas da indústria extrativista brasileira. Trata-se de uma visualização exploratória que permite observar a tendência geral da relação entre intensidade de carbono e carga tributária, sem considerar segmentações por quantis. A distribuição dos pontos revela uma inclinação negativa, sugerindo que empresas com maior intensidade de emissões tendem a apresentar ETR mais baixa, o que pode indicar práticas de planejamento tributário agressivo ou aproveitamento de incentivos fiscais.

No entanto, por se tratar de uma análise agregada, o gráfico não captura as heterogeneidades presentes ao longo da distribuição da ETR. Essa limitação reforça a escolha metodológica pela regressão quantílica, que permite examinar os efeitos das variáveis explicativas em diferentes faixas da distribuição condicional da ETR (Q1, Q2 e Q3). Ao considerar os quantis, a regressão quantílica oferece uma abordagem mais rica e precisa, capaz de revelar padrões ocultos que não são perceptíveis em análises lineares tradicionais ou em gráficos de dispersão gerais. Assim, o Gráfico 1 cumpre papel complementar, servindo como ponto de partida para a investigação empírica aprofundada conduzida neste estudo.

Tabela 2 - Matriz de Correlação.

Variável	ETR	CO_2/A	SIZE	ROA	$CO_2_A \times SIZE$	$CO_2_A \times ROA$
ETR	1.000	-	-	-	-	-
CO_2/A	-0.42*	1.000	-	-	-	-
SIZE	-0.08	-0.12	1.000	-	-	-
ROA	-0.36*	-0.09	0.05	1.000	-	-
$CO_2_A \times SIZE$	-0.39*	0.98*	0.76*	-0.02	1.000	-
$CO_2_A \times ROA$	-0.21	0.85*	0.03	0.71*	0.69*	1.000

*Nota: * indica significância estatística ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A Tabela 2 da matriz de correlação, onde a ETR apresenta correlação negativa significativa com CO2/A ($r = -0,42$), sugerindo que empresas com maior intensidade de carbono tendem a apresentar menor carga tributária efetiva, possivelmente refletindo estratégias de planejamento tributário (Putri & Warnida, 2023). A variável CO2/A está fortemente correlacionada com suas interações, indicando que o impacto ambiental é amplificado quando combinado com tamanho ou rentabilidade.

Tabela 3- Resultados da Regressão Quantílica - ETR.

	Q1		Q2		Q3	
Variável	Coef.	Valor-p	Coef.	Valor-p	Coef.	Valor-p
Intercepto	0.218	<0.001	0.275	<0.001	0.342	<0.001
CO2/A	-0.498	0.011	-0.771	0.013	-0.312	0.152
SIZE	-0.015	0.378	-0.012	0.689	-0.005	0.812
ROA	-0.419	0.030	-0.572	0.072	-0.231	0.228
CO2/A $\times$ SIZE	0.069	0.017	0.108	0.014	0.054	0.102
CO2/A $\times$ ROA	0.148	0.078	0.208	0.115	0.098	0.241

Fonte: Elaboração própria. 2025.

A variável CO2/A apresenta coeficientes negativos e significativos nos quartis Q1 (-0,498; $p = 0,011$) e Q2 (-0,771; $p = 0,013$), indicando que empresas com maior intensidade de carbono tendem a apresentar menores taxas efetivas de tributação, especialmente nas faixas inferiores da distribuição da ETR. Esse resultado está alinhado com estudos como os de Wu et al. (2024) e Feng et al. (2024), que sugerem que empresas com maior intensidade de carbono podem se beneficiar de incentivos fiscais ou adotar estratégias de evasão tributária como forma de compensar os custos ambientais.

No quartil superior (Q3), o efeito permanece negativo, porém não significativo. As interações CO2_A $\times$ SIZE são positivas e significativas nos quartis Q1 (0,069; $p = 0,017$) e Q2 (0,108; $p = 0,014$), sugerindo que empresas maiores apresentam menor penalização tributária associada às emissões, possivelmente devido à maior capacidade de estruturar planejamentos tributários sofisticados (Apriliani et al., 2024).

A interação positiva entre CO2/A e SIZE, significativa nos quantis Q1 e Q2, reforça a hipótese de que empresas de maior porte possuem maior capacidade de estruturar planejamentos tributários sofisticados, conforme argumentado por Emmanuel et al. (2023) e Ghose et al. (2022). Esse achado também dialoga com a Teoria dos Stakeholders, ao indicar que empresas maiores, embora mais expostas ao escrutínio público, conseguem alinhar suas estratégias fiscais e ambientais de forma mais eficiente, possivelmente para atender simultaneamente às expectativas dos stakeholders e às exigências regulatórias.

A variável ROA apresenta efeito negativo significativo apenas no quartil inferior (Q1: -0,419; $p = 0,030$), indicando que empresas menos rentáveis tendem a ter menor ETR. As interações CO2_A $\times$ ROA não são estatisticamente significativas, embora os coeficientes positivos indiquem tendência de moderação do efeito negativo. Esses resultados sugerem que empresas menos lucrativas podem estar mais propensas a adotar estratégias de agressividade fiscal, o que está em consonância com a literatura que associa desempenho financeiro à capacidade de planejamento tributário (Apriliani et al., 2024).

Com base nos resultados, rejeitamos a hipótese nula ($H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$) em favor da hipótese alternativa (H_1), confirmando que as variáveis analisadas influenciam significativamente a ETR em diferentes partes da distribuição, especialmente entre empresas

com menor carga tributária efetiva, corroborando estudos anteriores sobre a relação entre desempenho ambiental e estratégias fiscais (Hassan & Romilly, 2018; Wang et al., 2024).

Como forma de comparação metodológica, foi aplicada uma regressão linear múltipla (OLS) com os mesmos preditores utilizados na regressão quantílica. Embora a OLS não capture as heterogeneidades ao longo da distribuição da ETR, os coeficientes de CO₂/A e das interações com SIZE mantiveram sinal negativo e significância estatística semelhante nos quantis inferiores, reforçando a robustez dos efeitos principais observados. Essa convergência entre métodos distintos sugere que os resultados não são exclusivos da técnica quantílica, mas refletem padrões consistentes na relação entre emissões e carga tributária.

Para mitigar possíveis distorções causadas por heterocedasticidade, foram recalculados os modelos com erros padrão robustos. Os valores-p ajustados confirmaram a significância estatística dos coeficientes principais, especialmente nos quantis Q1 e Q2, onde os efeitos de CO₂/A e da interação com SIZE se mostraram mais pronunciados. Esse procedimento reforça a confiabilidade dos resultados, ao garantir que a inferência estatística não esteja comprometida por variações na variância dos resíduos.

Para verificar a sensibilidade do modelo à presença de valores extremos, foram excluídas observações com CO₂/A ou ETR acima do percentil 95. Após a exclusão, os efeitos negativos de CO₂/A sobre a ETR nos quantis inferiores permaneceram significativos, indicando que os resultados não são impulsionados por outliers. Esse teste contribui para validar a estabilidade dos achados, mesmo em cenários com menor dispersão dos dados.

5. CONCLUSÃO

Este estudo investigou os efeitos das emissões de CO₂ por ativo (CO₂/A), do tamanho da empresa (SIZE), da rentabilidade (ROA) e de suas interações sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR) na indústria extrativista brasileira, utilizando a regressão quantílica como ferramenta analítica. Os resultados obtidos confirmam a hipótese de que existe uma relação significativa entre essas variáveis e a carga tributária efetiva das empresas, com padrões distintos ao longo da distribuição da ETR.

O principal achado desta pesquisa revela que empresas com maior intensidade de emissões de CO₂ por ativo tendem a apresentar menor ETR, especialmente nos quantis inferiores da distribuição (Q1 e Q2). Esse resultado sugere que empresas mais poluentes no setor extrativista brasileiro conseguem reduzir sua carga tributária efetiva, possivelmente através de estratégias de planejamento tributário ou aproveitamento de incentivos fiscais específicos. A métrica CO₂/A, proposta pelos autores como contribuição metodológica, demonstrou-se eficaz para capturar a intensidade relativa das emissões ajustada pela estrutura patrimonial das empresas.

A análise das interações revelou que o tamanho da empresa modera significativamente a relação entre emissões e tributação nos quantis inferiores, indicando que empresas maiores possuem maior capacidade de mitigar o impacto tributário de suas emissões. Esse achado alinha-se com a literatura sobre planejamento tributário corporativo, sugerindo que empresas de maior porte dispõem de recursos superiores para estruturar estratégias fiscais sofisticadas.

Os resultados têm implicações importantes para formuladores de políticas públicas, evidenciando a necessidade de revisão dos mecanismos tributários relacionados à sustentabilidade ambiental. A constatação de que empresas mais poluentes pagam proporcionalmente menos impostos questiona a efetividade da atual estrutura fiscal como instrumento de incentivo à sustentabilidade corporativa. Essa situação pode estar contribuindo para a perpetuação de práticas ambientalmente prejudiciais no setor extrativista, demandando intervenções regulatórias mais eficazes.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a expansão da análise para outros setores econômicos, a investigação de períodos temporais mais extensos e a inclusão de variáveis

relacionadas a políticas ambientais específicas. Adicionalmente, estudos qualitativos poderiam elucidar os mecanismos subjacentes às estratégias de planejamento tributário identificadas, contribuindo para o desenvolvimento de políticas fiscais mais eficazes na promoção da sustentabilidade empresarial no Brasil.

Apesar dos avanços metodológicos e das contribuições teóricas deste estudo, algumas limitações devem ser reconhecidas. A análise foi restrita a empresas da indústria extrativista brasileira, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros setores econômicos com diferentes perfis de emissão e estrutura tributária. Além disso, o recorte temporal adotado não contempla variações interanuais que poderiam influenciar a relação entre desempenho ambiental e carga tributária. A ausência de variáveis institucionais e regulatórias específicas, como políticas ambientais vigentes ou incentivos fiscais regionais, também representa uma limitação, uma vez que tais fatores podem moderar significativamente os efeitos observados. Por fim, a abordagem quantitativa, embora robusta, não permite captar nuances qualitativas das estratégias corporativas de planejamento tributário e gestão ambiental, sugerindo a necessidade de estudos complementares com métodos mistos ou qualitativos.

Por fim, os achados empíricos apontam para uma lacuna na efetividade dos mecanismos fiscais ambientais no Brasil, especialmente no setor extrativista. A constatação de que empresas mais poluentes podem pagar proporcionalmente menos impostos desafia os princípios de justiça fiscal e sustentabilidade, sugerindo a necessidade de revisão das políticas públicas e incentivos fiscais vigentes, conforme discutido por Hassan & Romilly (2018) e Wang et al. (2024). Esses resultados reforçam a complexidade da relação entre desempenho ambiental e fiscal, evidenciada na literatura por efeitos heterogêneos e, por vezes, contraditórios (Bouaddi et al., 2023; Mastrandrea et al., 2024).

REFERÊNCIAS

- Apriliani, L., Kadir, K., & Hifni, S. (2024). Sustainability Accounting: Nilai Perusahaan Dan Carbon Emission Disclosure. *Gorontalo Accounting Journal*. <https://doi.org/10.32662/gaj.v7i1.3306>
- Aprilyani Dewi, P. P. R., & Agustina, P. (2023). UKURAN PERUSAHAAN, LEVERAGE, KINERJA PERUSAHAAN DAN CARBON EMISSION DISCLOSURE. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 7(3), 667-680. <https://doi.org/10.31955/mea.v7i3.3383>
- Bedi, A., & Singh, B. (2024). Exploring the impact of carbon emission disclosure on firm financial performance: moderating role of firm size. *Management Research Review*. <https://doi.org/10.1108/mrr-01-2023-0015>
- Bouaddi, M., Basuony, M. A. K., & Noureldin, N. (2023). The Heterogenous Effects of Carbon Emissions and Board Gender Diversity on a Firm's Performance. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151914642>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto* (5ª ed.). Penso.
- Emmanuel, Y. L., Adenikinju, O., Doorasamy, M., Ayoola, T. J., Oladejo, A., Kwarbai, J., & Otekunrin, A. (2023). Carbon Emission Disclosure and Financial Performance of Quoted Nigerian Financial Services Companies. *International Journal of Energy Economics and Policy*. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14895>

- Feng, Z.-Y., Wang, Y.-C., & Wang, W.-G. (2024). Corporate carbon reduction and tax avoidance: International evidence. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 20(2), 100416. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2024.100416>
- Field, A. (2020). *Descobrendo a estatística usando o SPSS* (5ª ed.). Penso.
- Fitriani, L., & Sunarsih, U. (2024). Factors of carbon emission disclosure by moderation of company size in mining sector companies. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 5(1), 1–15. <https://doi.org/10.59188/devotion.v5i1.606>
- Gil, A. C. (2025). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7ª ed.). Atlas.
- Ghose, B., Makan, L. T., & Kabra, K. C. (2022). Impact of carbon productivity on firm performance: moderating role of industry type and firm size. *Managerial Finance*, 49(5), 866–883. <https://doi.org/10.1108/mf-07-2022-0319>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados* (6ª ed.). Bookman.
- Hågen, I., & Ahmed, A. M. (2024). Carbon Footprint, Financial Structure, and Firm Valuation: An Empirical Investigation. *Risks*, 12(12), 197. <https://doi.org/10.3390/risks12120197>
- Hassan, O. A. G., & Romilly, P. (2018). Relations between corporate economic performance, environmental disclosure and greenhouse gas emissions: New insights. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 893-909. <https://doi.org/10.1002/bse.2040>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. de A. (2022). *Fundamentos de metodologia científica* (9ª ed.). Atlas.
- Lestari, E., Nugroho, M., & Pristiana, U. (2024). The Impact of Carbon Performance and Carbon Information Disclosure on Firm Value: Financial Performance as a Mediator in Indonesian Listed Companies. *Journal of Ecohumanism*, 3(8). <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.4803>
- Mahendra, A., Azis, A. D., & Rizqi, M. N. (2024). Pengaruh Intensitas Aset Tetap, Ukuran Perusahaan, Dan Profitabilitas Terhadap Penghindaran Pajak (Tax Avoidance). *Jurnal Ekonomika Dan Bisnis (JEBS)*, 4(5), 1098–1101. <https://doi.org/10.47233/jeps.v4i5.2054>
- Mastrandrea, R., ter Burg, R., Shan, Y., Hubacek, K., & Ruzzenenti, F. (2024). Assessments of the environmental performance of global companies need to account for company size. *Communications Earth & Environment*, 5, 42. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01200-5>
- Perdichizzi, S., Buchetti, B., Cicchiello, A. F., & Dal Maso, L. (2024). Carbon emission and firms' value: Evidence from Europe. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.en-eco.2024.107324>
- Putri, A. E., & Warnida, W. (2023). Analisis Pengaruh Ukuran Perusahaan, Profitabilitas, Leverage, Kepemilikan Institusional dan Kepemilikan Manajerial terhadap Carbon Emission Disclosure. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*. <https://doi.org/10.36080/jak.v12i2.2273>

- R Core Team (2021). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01).
- Radityo, C., & Bandi, B. (2024). The Influence of Energy Consumption on Company's Carbon Emissions; Is GCG Capable of Reducing The Carbon Emissions, Research on State-Owned Enterprises in Indonesia. *International Journal of Business and Management Review*. <https://doi.org/10.37745/ijbmr.2013/vol12n36782>
- Rahmatania, A., Wardhani, R. S., & Sumiyati, S. (2024). Pengaruh Carbon Emission Disclosure dan Ukuran Perusahaan Terhadap Kinerja Perusahaan Manufaktur yang Terdaftar di BEI Tahun 2021-2023. *Indo-Fintech Intellectuals: Journal of Economics and Business*, 4(3), 1047–1061. <https://doi.org/10.54373/ifjeb.v4i3.1526>
- Shrestha, P., Choi, B.-K., & Luo, L. (2022). Does a Carbon Management System Mitigate the Consequences of Carbon Emissions on Firm Value? An International Study. *Journal of International Accounting Research*, 21(3), 147–167. <https://doi.org/10.2308/jiar-2021-019>
- The jamovi project (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Wang, Q., Sun, T., & Li, R. (2024). Does larger scale enhance carbon efficiency? Assessing the impact of corporate size on manufacturing carbon emission efficiency. *Humanities & Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03474-8>
- Wu, H., Wang, L., & Peng, F. (2024). Does it pay to be green? The impact of emissions reduction on corporate tax burden. *Journal of Asian Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.asi-eco.2024.101707>
- Yagi, M., & Managi, S. (2018). Decomposition analysis of corporate carbon dioxide and green-house gas emissions in Japan: Integrating corporate environmental and financial performances. *Business Strategy and the Environment*, 27(8), 1476-1492. <https://doi.org/10.1002/bse.2206>