



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO SOCIOECONÔMICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTABILDADE

Fillipe Schappo

**Sustentabilidade em Empresas Geradoras de Energia Elétrica: Os gastos em Pesquisa e  
Desenvolvimento dizem o quê?**

Florianópolis  
2022

Fillipe Schappo

**Sustentabilidade em Empresas Geradoras de Energia Elétrica: Os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento dizem o quê?**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Contabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina.  
Orientadora: Prof. Denize Demarche Minatti Ferreira, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Schappo, Fillipe

Sustentabilidade em Empresas Geradoras de Energia Elétrica : Os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento dizem o quê? / Fillipe Schappo ; orientadora, Denize Demarche Minatti Ferreira, 2022.

60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Contabilidade, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Contabilidade. 2. Pesquisa e desenvolvimento. 3. Setor elétrico. 4. Investimentos. 5. Matriz energética renovável. I. Ferreira, Denize Demarche Minatti . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Contabilidade. III. Título.

Fillipe Schappo

**Sustentabilidade em Empresas Geradoras de Energia Elétrica: Os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento dizem o quê?**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Edilson Paulo, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. José Alonso Borba, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Marcelo Botelho da Costa Moraes, Dr.

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP/USP)

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção de título de mestre em contabilidade.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof<sup>ª</sup>. Denize Demarche Minatti Ferreira, Dr.(a)

Orientadora

Florianópolis, 2022

À minha família, pelo apoio incondicional

## AGRADECIMENTOS

Não é fácil colocar em palavras meu agradecimento à todas as pessoas que contribuíram com essa conquista. Além do trabalho ser fruto de muito esforço e dedicação, sua concretização não seria possível se eu não tivesse uma base familiar que sempre me incentivasse nos estudos. Portanto, dedico esse trabalho especialmente aos meus pais (Jair e Adriana) que durante toda a minha vida me forneceram apoio incondicional para o meu desenvolvimento. Se consegui concluir esse trabalho, foi graças ao incentivo e educação que me forneceram. Agradeço ainda a minha irmã (Lorena), que demonstrou apoio em vários momentos e situações na consecução desta pesquisa. Agradecimento profundo à família que eu tenho.

Devo agradecer ainda aos meus amigos, colegas e companheiros de trabalho, que sempre forneceram e incentivaram o desenvolvimento pessoal. Vocês certamente fizeram parte desse processo. Grato ainda ao Núcleo de Estudos em Contabilidade e Controladoria (NECC), por todos esses anos de pesquisa e em especial à Kátia, meu muito obrigado por sempre me acudir em momentos que achei que não conseguiria. Você é sensacional!

Agradecimento especial à minha orientadora, Professora Denize, que está junto comigo desde o meu Projeto de Iniciação Científica na graduação, e foi responsável por despertar e desenvolver meu interesse acadêmico. É inspirador o seu cuidado, dedicação, colaboração e atenção aos mínimos detalhes sem nunca deixar de responder aos meus anseios e sempre me motivar a seguir adiante. Grato pelo apoio de todos esses anos e pelos ensinamentos. Sua participação é significativa na minha carreira. Não poderia deixar de agradecer também ao Professor Alonso, que também teve participação importante em minhas conquistas e contribuiu ativamente na minha orientação.

Agradeço aos membros da Banca de Qualificação e Defesa Final da Dissertação, Professores Alonso, Edilson e Marcelo por todas as contribuições, direcionamentos e comentários construtivos apontados. Agradecimento especial também ao PPGC e a instituição.

Em resumo, meu eterno agradecimento a todas as pessoas que contribuíram com essa etapa. Na vida, nada se conquista inteiramente sozinho. Muito obrigado!

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”

(Simone de Beauvoir)

## RESUMO

Os gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) possuem a capacidade de estimular a inovação tecnológica e são necessárias para a coordenação entre o consumo de energia renovável e o desenvolvimento econômico sustentável do setor elétrico. Neste cenário, P&D impulsionam a adaptação do setor na busca por matrizes energéticas renováveis e diversificadas devido a esforços políticos, industriais e sociais exigindo mudanças na cadeia de geração de energia para a sustentabilidade. Diante do exposto, esta dissertação tem o objetivo de analisar se os gastos em P&D influenciam no desenvolvimento econômico sustentável por meio de investimentos em matrizes energéticas renováveis. Para a consecução deste objetivo, empregou-se o estudo em treze empresas geradoras de energia nos anos de 2017 a 2020. A coleta de dados foi realizada por meio de Relatórios de Sustentabilidade e Relatórios da Administração a fim de obter as informações referentes aos gastos com P&D e investimentos renováveis. Os resultados revelam que os gastos aplicados em P&D produzem efeitos positivos nos investimentos em energia renovável, endossando a visão de que a destinação de recursos para P&D é essencial para o processo de inovação do setor elétrico brasileiro. No tocante aos programas de P&D, fontes alternativas de energia possuem a maior representatividade no recebimento de recursos. No tocante aos investimentos, as ações são voltadas na aquisição ou expansão de novos ativos, principalmente ativos relacionados à energia eólica. Há sinais claros de que o setor une esforços rumo a novas tecnologias sustentáveis por meio do processo de transição tecnológica, a fim de atender o mercado norteado em maior demanda futura, crescimento econômico e sustentabilidade. A partir deste estudo, infere-se que os gastos em P&D desempenham papel importante na inovação e nas futuras perspectivas para a geração de energia por meio de investimentos em matrizes energéticas renováveis. Como contribuições, destaca-se o protagonismo que deve ser enfatizado nos gastos com P&D e sua capacidade em desenvolver soluções e tecnologias que tornem possível a busca por matrizes energéticas mais renováveis por meio de investimentos concretos, norteando políticas de crescimento e desenvolvimento econômico sustentável.

**Palavras-chave:** Pesquisa e desenvolvimento. Setor elétrico. Investimentos. Matriz energética renovável.

## ABSTRACT

Research and development (R&D) spending has the ability to stimulate technological innovation and are necessary for the coordination between renewable energy consumption and the sustainable economic development of the electricity sector. In this scenario, R&D drives the sector's adaptation in the search for renewable and diversified energy matrices due to political, industrial and social efforts demanding changes in the energy generation chain in favor of sustainability. Given the above, this dissertation aims to analyze whether R&D expenditures influence on sustainable economic development through investments in renewable energy matrices. To achieve this objective, the study was used in thirteen energy generating companies in the years 2017 to 2020. Data collection was carried out through Sustainability Reports and Management Reports to obtain information regarding expenses with R&D and renewable investments. The results reveal that spending on R&D has positive effects on investments in renewable energy, endorsing the view that the allocation of resources to R&D is essential for the innovation process of the Brazilian electricity sector. Regarding R&D programs, alternative energy sources have the greatest representation in the receipt of funds. About investments, the actions are focused on the acquisition or expansion of new assets, mainly assets related to wind energy. There are clear signs that the sector is joining efforts towards new sustainable technologies through the process of technological transition, to serve the market guided by greater future demand, economic growth and sustainability. From this study, it is inferred that R&D expenditures play an important role in innovation and in prospects for energy generation through investments in renewable energy matrices. As contributions, we highlight the role that should be emphasized in R&D spending and its ability to develop solutions and technologies that make it possible to search for more renewable energy matrices through concrete investments, guiding policies for growth and sustainable economic development.

**Keywords:** Research and development. Electric sector. Investments. Renewable energy matrix.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tratativas da amostra .....	30
Figura 2 – Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento concluídos entre 2017 e 2020.....	15
Figura 3 - Evolução dos gastos com P&D.....	36
Figura 4 - Investimentos em matrizes energéticas renováveis .....	38
Figura 5 - Características dos novos investimentos em energia renovável .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Empresas do setor elétrico que compõem a amostra .....	30
Tabela 2 – Variáveis da pesquisa .....	32
Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis .....	40
Tabela 4 - Correlação de Spearman (n=13).....	42
Tabela 5 - Fator de inflação da variância (VIF) .....	43
Tabela 6 - Influência dos gastos em P&D nos investimentos renováveis.....	44
Tabela 7 - Influência dos gastos em P&D nos investimentos renováveis (com Eletrobras)....	46

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL *Agência Nacional de Energia Elétrica*

B3 *Brasil, Bolsa, Balcão*

CVM *Comissão de Valores Mobiliários*

EPE *Empresa de Pesquisa Energética*

MME *Ministério de Minas e Energia*

MQO *Mínimos Quadrados Ordinários*

OCDE *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento*

ODS *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável*

ONG *Organização Não Governamental*

P&D *Pesquisa e Desenvolvimento*

SPE *Superintendência da Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
1.2	JUSTIFICATIVA .....	14
1.3	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA .....	17
1.4	ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA .....	19
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>20</b>
2.1	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) NO SETOR ELÉTRICO.....	20
2.2	INVESTIMENTOS DO SETOR.....	22
2.3	CENÁRIO DAS MATRIZES ENERGÉTICAS .....	24
2.4	HIPÓTESE DE PESQUISA .....	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA E AMOSTRA.....	28
3.2	INTRUMENTO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS .....	30
3.3	VARIÁVEIS E MODELOS .....	32
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS PROJETOS E INVESTIMENTOS.....	36
4.2	MODELO ESTRUTURAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	40
4.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INCLUSÃO ELETROBRAS.....	46
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por novas tecnologias capazes de suprir as necessidades humanas de modo sustentável é um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade contemporânea. Com os impactos negativos envolvendo as fontes de energia tradicionais, o aperfeiçoamento de energias renováveis é urgente (Boff & Boff, 2017).

Desde o início da década de 1940 aumentou o consumo energético mundial, fruto principalmente do crescimento da população, da industrialização e da demanda (Goldemberg & Lucon, 2008). Para que as organizações acompanhem esse crescimento e sobrevivam em mercados competitivos, é necessário gerenciar seus recursos e realizar investimentos a fim de se adaptarem às futuras mudanças e demandas.

A sociedade está consciente de que os recursos naturais são finitos, de modo que conceitos direcionados à sustentabilidade, políticas ambientais e energéticas e sua ligação com o desenvolvimento econômico, são pauta de discussões no mundo (Lopes & Taques, 2016). Especificamente em se tratando de energia, os incentivos à eficiência e fontes de renováveis estão intrinsecamente relacionados com o desenvolvimento econômico sustentável.

Para que as organizações acompanhem o crescimento do consumo energético e sobrevivam em mercados competitivos, o gerenciamento de recursos e a realização de investimentos se tornaram importantes na adaptação às futuras mudanças e demandas de mercado. No combate às mudanças climáticas, sobretudo pela emissão de carbono, houve aumento significativo na produção de energia renovável na última década após investimentos expressivos em novas fontes de energia realizados por diferentes países (Abban & Hasan, 2021).

Os gastos em P&D impulsionaram nos últimos anos o setor elétrico na perspectiva de adaptá-lo às mudanças que enfrentam sem comprometer as necessidades futuras. Lima, Mello e Teixeira (2019) apontam que o consumo total de energia do país irá crescer 2,2% ao ano até 2040, destacando-se a energia nuclear (4,5%), as renováveis (4,5%) e o gás (3,4%).

Nos últimos anos, as usinas hidrelétricas perderam o protagonismo no Brasil, visto que o Plano Decenal com Diretrizes para a Expansão do Setor Elétrico elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sinaliza que as usinas diminuam sua participação de 62% em 2020 para 53% até 2031. Em termos de capacidade instalada, a previsão é que ocorra maior diversificação da matriz elétrica brasileira em detrimento da redução na participação hidrelétrica compensada pelo crescimento da capacidade instalada das fontes eólicas e solar. A

energia eólica atualmente soma 67 TWh (*Terawatt/hora*) em funcionamento no Brasil, enquanto a solar possui 7 TWh contra 416 TWh vindos das hidrelétricas. Contudo, a previsão é que até 2030, a energia eólica cresça 47 TWh (+70,1%) e a solar, 15 TWh (+214,3%), enquanto as hidrelétricas têm perspectiva de crescimento de 86 TWh (+20,7%). Ressalta-se que a geração de energia convencional oriundo de carvão mineral tem previsão de redução até 2031 de 9 TWh para 6 TWh (-33,3%) (EPE, 2022).

Apesar do crescimento na participação de outras fontes renováveis, a distribuição da matriz energética brasileira continuará fortemente dependente da fonte hídrica, centralizada em grandes usinas hidrelétricas, tornando o cenário preocupante no quesito à insegurança no fornecimento de energia devido à vulnerabilidade climática que essa fonte possui (Sataloff et al., 2020). Se torna imperativo que a diversificação na matriz energética ocorra por meio de fontes renováveis, para que a geração energética nacional seja mais sustentável, segura e independente.

Para que esse processo ocorra, é necessário que gastos em P&D sejam realizados, visto que possuem a capacidade de estimular a inovação tecnológica, e serem fundamentais para a coordenação entre o consumo de energia renovável e o desenvolvimento sustentável. Xie et al. (2020) mencionam que a energia renovável não pode vir separada do suporte de alta tecnologia visto que na hipótese da capacidade tecnológica ser insuficiente, o desenvolvimento de energia renovável teria menor eficiência e conseqüentemente, maiores custos em sua produção.

Bellini et al. (2017) afirmam que há intensificação dos movimentos em detrimento de maior participação das matrizes energéticas renováveis na produção de energia no Brasil, sobretudo pelas questões ambientais e o desenvolvimento sustentável. Ishiguro (2008) salienta que na escolha das matrizes energéticas se deve levar em conta a competitividade econômica de cada fonte, incluindo investimentos para sua instalação e os próprios custos na geração de energia.

Bronzatti e Iarozinski Neto (2010) acrescentam ainda que se deve considerar a composição da matriz energética como potencial de produção e a probabilidade de crescimento das reservas. Esse interesse impulsiona a comunidade científica a pesquisar e desenvolver métodos que permitam aproveitamento de fontes alternativas, sobretudo pela contribuição das matrizes energéticas renováveis (Dupont et al., 2015).

Consonantes com essa discussão e diante da importância que os gastos em P&D possuem na diversificação das matrizes energéticas em fontes alternativas, do desenvolvimento sustentável e da própria eficiência, torna-se pertinente a seguinte pergunta de pesquisa: **Qual a**

## **influência que os gastos realizados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pelas empresas brasileiras geradoras de energia desempenham no desenvolvimento sustentável?**

### 1.1 OBJETIVOS

#### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa é analisar se os gastos realizados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pelas empresas brasileiras geradoras de energia influenciam no desenvolvimento econômico sustentável por meio dos investimentos em matrizes energéticas renováveis.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

A partir do objetivo geral, é possível elaborar os seguintes objetivos específicos:

- i. Identificar as características dos programas em P&D para verificar como as empresas estão se adaptando às futuras mudanças de mercado,
- ii. Avaliar os investimentos efetuados para a compra ou expansão de ativos, sobretudo na promoção de investimentos em energia renovável;
- iii. Analisar como os gastos com P&D influenciam nos investimentos em energia renovável, sob a ótica do desenvolvimento econômico sustentável.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

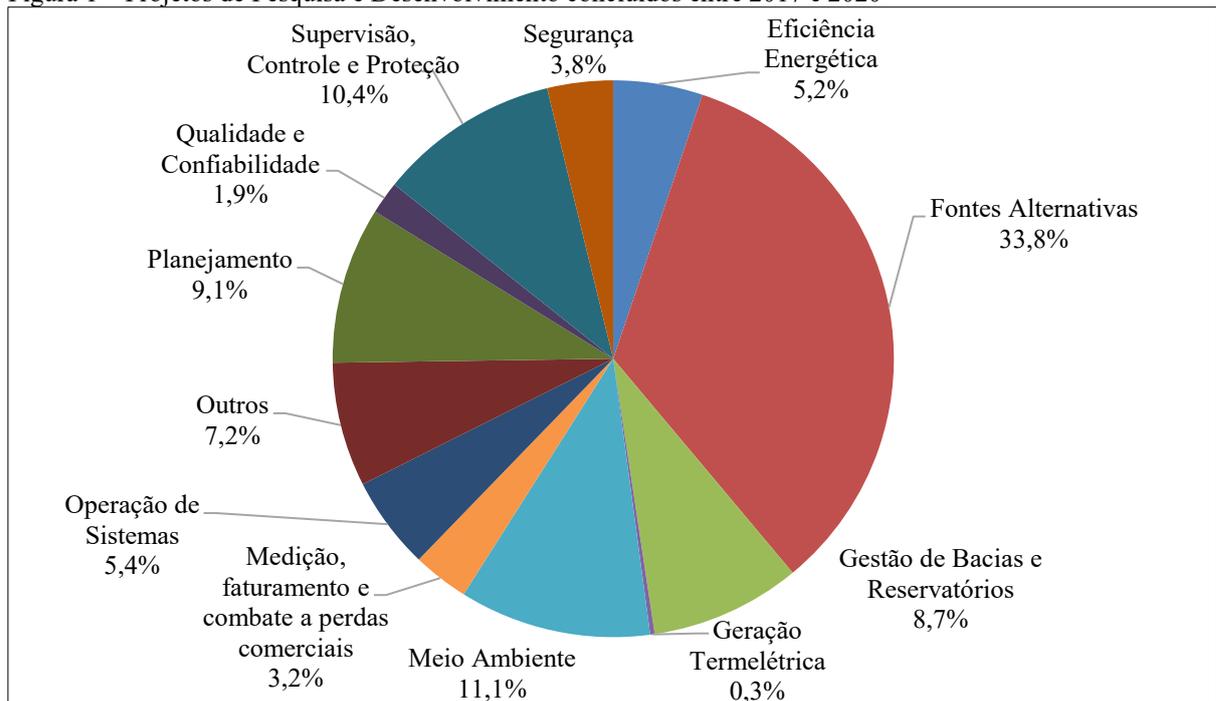
A necessidade de diversificação faz parte da estratégia de negócio das empresas do setor energético para mitigar ameaças de apagões que o país enfrenta (Valor Econômico, 2021). Há um conjunto de desafios que se colocam para reflexão sobre o teor das mudanças que as organizações enfrentarão para lidar com as demandas organizacionais, de modo que os recursos aplicados em P&D facilitam a adaptação do setor aos desafios do novo cenário. Conforme, Lopes e Taques (2016), os estudos envolvendo fontes renováveis de energia e diversificação das matrizes energéticas têm se mostrado fundamentais para a evolução do desenvolvimento econômico sustentável.

Os projetos concluídos entre os anos de 2017 e 2020 do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, regulado pela ANEEL, receberam a destinação total de \$ 734,5 milhões das empresas analisadas na pesquisa. Destaca-se que os projetos que envolvem fontes alternativas de energia correspondem a 33,8% dos recursos empregados.

Essa movimentação por maiores recursos aplicados em fontes alternativas de energia e renováveis, era preconizada por Amaral et al. (2017) ao apontarem que as organizações passam por mudanças a fim de lidarem com a transição tecnológica e unirem esforços em P&D para responder às pressões impostas pela sociedade por tecnologias sustentáveis. Caso contrário, no longo prazo, desencadearão consequências em virtude do despreparo em atender as demandas de mercado diante do potencial dos investimentos em P&D não aproveitados para a contribuição no crescimento econômico e na produtividade das empresas, como apontado por Del Bo (2016).

Diante disso, além do protagonismo envolvendo os projetos voltados para as fontes alternativas de energia, a preocupação com o meio ambiente também é presente na escolha dos projetos de P&D, assumindo a posição de segunda maior destinação de recursos (11,1%). A Figura 2 apresenta a distribuição por temas dos gastos efetuados aos programas de P&D concluídos entre os anos de 2017 e 2020.

Figura 1 – Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento concluídos entre 2017 e 2020



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Dentre as menores destinações de recursos, encontra-se o projeto de geração de energia proveniente de combustível fóssil, como a geração termelétrica, que no período da análise recebeu 0,3% de recursos se comparado a todos os outros projetos. É observado ainda que 10,4% dos projetos são voltados para supervisão, controle e proteção, e 9,2% para planeamento do sistema elétrico. Denota-se que além dos aspectos ambientais e de diversificação das matrizes energética, os projetos de P&D visam garantir maior controle, segurança e planejamento nos processos envolvendo o sistema elétrico.

A mitigação das mudanças climáticas é uma questão com crescente debate no contexto envolvendo a transição energética renovável, o crescimento econômico, parcerias globais e governança, tornando uma tarefa difícil para muitas empresas a formulação de políticas e investimentos que possibilitem a adequação do setor (Sarkodie et al., 2020).

Muitos países estão interessados nas metas de desenvolvimento sustentável, que exigem coordenação estreita de três dimensões: econômica, social e ambiental. A proteção ambiental está se tornando uma preocupação cada vez mais acentuada, necessitando de ações urgentes e necessárias para combater as mudanças climáticas. Neste sentido, uma das soluções no setor elétrico é a redução do uso de combustíveis fósseis, que representa cerca de 80% do consumo global de energia primária e são responsáveis por 75% das emissões de gases de efeito estufa, e substituí-las por fontes de energia renováveis (Wang et al., 2020).

A prevenção e limitação dos efeitos da atividade humana nas mudanças climáticas recebem cada vez mais atenção dos formuladores de políticas, organizações não governamentais (ONGs), indústrias e cidadãos. Tecnologias que envolvem a energia renovável são importantes na possibilidade de traçar rota alternativa rumo à sustentabilidade, de modo que há significativos esforços políticos, industriais e pressão social para aumentar o consumo global de energia sustentável (Raven et al., 2009).

Embora os projetos de energia limpa cresçam no mundo, os investimentos em energia renovável continua sendo um desafio para países em desenvolvimento (Grace Saculsan & Kanamura, 2020). Nesse cenário, pesquisas cujos resultados ajudem investidores e formuladores de políticas na tomada de decisão de investimento e na definição de incentivos apropriados que promovam energia renovável são elementares. Adiciona-se ainda o fato de que o desenvolvimento de energia renovável não denota apenas significado prático para a proteção ambiental, e sim, questão de segurança energética nacional.

Especialmente em países com ampla proporção de consumo de energia renovável, como no caso do Brasil, as condições técnicas existentes não são mais suficientes para a melhoria de eficiência no uso de energia renovável. O país deve participar ativamente no desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar a eficiência no uso de energia renovável, para garantir que o consumo promova crescimento econômico sustentável (Xie et al., 2020).

A redução da pegada ecológica pode afetar desfavoravelmente o desenvolvimento econômico. A implementação de inovação e tecnologia possibilitadas impulsionadas por P&D são opções que devem ser escolhidas, de modo que a modernização das companhias e a promoção da transição sustentável de matrizes energéticas podem ser utilizadas como estratégia para reduzir problemas ambientais e aumentar o crescimento econômico (Ansari et al., 2021).

Com a abertura de mercados, onde a competitividade é um fator que determina o sucesso, os sistemas que medem o desempenho se tornam decisivos para o funcionamento das empresas (Macedo & Corrar, 2012). De acordo com Iudícibus (2008), a contabilidade é uma fonte a ser utilizada para mensuração de desempenho das empresas e acompanhamento dos resultados financeiros e torna-se relevante na implementação de ações que gerem vantagem competitiva sustentável. Henri (2004) demonstra ainda que uma das maneiras de se mensurar o desempenho das organizações é por meio de indicadores de desempenho, possibilitando conhecer a eficácia da empresa no alcance dos seus resultados.

Práticas envolvendo a divulgação de inovações é capaz de proporcionar melhores decisões por parte do mercado e na sua capacidade em avaliar a lucratividade e o fluxo de caixa das empresas. Por meio dos achados de Tortoli, Figari, Ambrozini e Moraes (2020), sugere-se que os investimentos em inovação podem proporcionar aumento do valor de mercado acima do valor contábil das empresas, impactando diretamente na valorização e crescimento em períodos futuros. Gastos com inovações podem se tornar mecanismo estratégico para os gestores, visto que os investidores podem observar nos gastos com P&D uma medida de tendência de valorização para a empresa.

### 1.3 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

As implicações oriundas da transformação estrutural no setor de energia são primordiais tanto para o mercado quanto para os formuladores de políticas por mudanças significativas na dinâmica de mercado (Sendstad & Chronopoulos, 2020). Nesse ambiente, na procura pela diversificação das matrizes energéticas, a pesquisa fornece percepções

complementares ao modo como as empresas estão se preparando para as mudanças de mercado. Essas percepções são particularmente relevantes para o setor de energia diante das incertezas aos incentivos para a promoção de inovações tecnológicas.

O debate sobre a mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas pela implementação de novas fontes de energia limpa e renovável para reduzir os efeitos do CO<sub>2</sub> é intenso (Sarkodie et al., 2020), de modo que o protagonismo voltado para P&D esteja em evidência por desenvolver soluções e tecnologias que tornem possível a busca por matrizes energéticas mais sustentáveis.

A pesquisa é norteadora de políticas de crescimento e desenvolvimento econômico sustentável, dado que trabalhos envolvendo P&D demonstram relações positivas na inovação tecnológica e no consumo de energia por meio de matrizes energéticas renováveis. Kose et al. (2020) assinalam que membros da União Europeia são encorajados a aumentar o gasto interno bruto em P&D, ao observarem resultados desejáveis no crescimento econômico desses países oriundos do compromisso com o crescimento sustentável e ações climáticas. Xie et al. (2020) salientam ainda que os países devem desenvolver ativamente novas tecnologias para evitar situações desfavoráveis ao desenvolvimento econômico sustentável à medida que a proporção de consumo de energia renovável aumente.

O cenário nacional aponta que o país passa por crise hídrica, de modo que discussões sobre a segurança energética nacional são necessárias (Gualter, 2021). O Brasil é dependente da energia produzida pelas hidrelétricas, que por sua vez, torna o país suscetível às crises por falta de chuva. A diversificação da matriz energética mitiga os efeitos da falta de chuvas e conseqüentemente faz com que a geração de energia interna não sofra tanto com as conseqüências das mudanças climáticas. Logo, a pesquisa se torna relevante ao avaliar a relação de P&D para a promoção de inovações que permitam a garantia do suprimento energético de longo prazo e a forma com que as empresas direcionam seus investimentos para se adaptarem às mudanças de mercado.

O estudo poderá contribuir na obtenção de *insights* sobre como os formuladores de políticas de investimentos concebem mecanismos mais eficientes de incentivos em investimentos em tecnologias de energia renovável. Adicionalmente, informações complementares para o setor são importantes na criação de sistemas de apoio que facilitem a criação de respostas aos incentivos com as inovações tecnológicas e oportunidades de investimentos (Sendstad & Chronopoulos, 2020).

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente, propõe-se que a pesquisa seja distribuída em cinco capítulos: O primeiro capítulo apresenta a contextualização do tema, a problematização, os objetivos gerais e específicos, a relevância e por fim, as contribuições realizadas. O segundo capítulo detalha a fundamentação teórica do estudo e apresenta a contextualização da P&D no setor elétrico, o cenário atual das matrizes energéticas no país, os desafios enfrentados no setor, as demandas e necessidades cada vez mais evidentes para o suprimento de energia por matrizes renováveis.

O terceiro capítulo discorre sobre os procedimentos metodológicos utilizados, as delimitações da pesquisa, a coleta de dados, os modelos estatísticos utilizados para testar as hipóteses e as limitações metodológicas. O quarto capítulo apresenta os resultados da pesquisa evidenciando as empresas selecionadas e as análises dos dados estudados. E por fim, o quinto capítulo retoma os objetivos da pesquisa avaliando como foram respondidos, abordando as contribuições e conclusões do estudo, e indicando sugestões para pesquisas futuras.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A fundamentação teórica está dividida entre os itens: (i) Características em P&D no setor elétrico; (ii) Panorama geral dos investimentos realizados; (iii) O cenário das matrizes energéticas para a geração de energia no país e estudos similares sobre o tema; e (iv) Apresentação das hipóteses a serem testadas.

### 2.1 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) NO SETOR ELÉTRICO

No Brasil, todas as empresas geradoras, transmissoras e distribuidoras dos serviços de energia elétrica são obrigadas a investir em P&D, com exceção daquelas que geram energia exclusivamente de fontes eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada. A Lei 9.991 de 2000, alterada pela Lei 13.203 de 2015, estabelece o percentual mínimo de 0,5% da ROL para aplicação de P&D. De acordo com o Manual de Frascati (Frascati, 2002, p. 43), P&D compreendem “o trabalho criativo levado a cabo de forma sistemática para aumentar o campo dos conhecimentos, incluindo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, e a utilização desses conhecimentos para criar novas aplicações”.

O Programa de P&D do setor elétrico é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e está a cargo da Superintendência da Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (SPE), responsável pela regulamentação, acompanhamento e implantação dos programas de P&D e Eficiência Energética. O intuito é fazer com que as companhias do setor se interessem em inovações por meio de contatos com universidades, centros de pesquisas, consultorias ou fabricantes. A empresa possui independência e responsabilidade para montar sua área de pesquisa, com autonomia para a execução e foco nos resultados (ANEEL, 2012).

Importante frisar que gastos com P&D voltados a fomentar tecnologias de energia renovável geram inovação, pois estão relacionados ao fornecimento de energia limpa para produção, consumo e prestação de serviços. Além disso, a inovação tem papel preponderante para o desenvolvimento de energia renovável (Garces & Daim, 2012; T. Wu et al., 2020).

O setor elétrico tem estrutura de monopólio natural regulado, visto que o setor possui a característica e posição de únicas produtoras pela função de economias de escala e de alto custos, com ação reguladora do governo. Logo, a falta de competição pode desestimular as empresas a realizarem inovações e, portanto, são necessárias ações nas atividades de inovação

por meio do agente regulador (Arrow, 1971; Brittes et al., 2015). Além disso, a estrutura do setor se baseia na premissa de que a maximização dos resultados e a eficiência no emprego de recursos são possíveis em condições de exclusividade, tendo a figura do Estado pautado na necessidade de intervir no domínio econômico para organizar o setor e resolver conflitos (Bacellar & Gonçalves, 2021; Lima et al., 2020)

A Lei nº 9.991 de 2000 define que as empresas do setor elétrico precisam investir um percentual mínimo de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em projetos P&D, cujos recursos são distribuídos da seguinte forma:

- i) 40% (quarenta por cento) para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), fundo cuja finalidade consiste em dar apoio financeiro aos programas e projetos prioritários de desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente para implantação do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
- ii) 40% (quarenta por cento) para projetos de P&D, segundo regulamentos estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e;
- iii) 20% (vinte por cento) para o Ministério de Minas e Energia, a fim de custear os estudos e pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como os de inventário e de viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidrelétricos.

A ANEEL (2015) define como objetivo de seu Programa de P&D, alocar recursos financeiros e humanos para projetos que promovam a inovação por meio da criação de novos equipamentos e aprimorem a prestação de serviços que contribuam com a segurança no fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a redução do impacto ambiental no setor e a dependência tecnológica do país.

Redes de parcerias foram criadas com empresas tecnológicas e núcleos de pesquisa, obrigando as empresas a se reestruturarem para gerir todo o processo de inovação, o que inclui desde captação de ideias até avaliação dos resultados (Brittes et al., 2015). Os autores salientam ainda as vantagens oriundas da execução de P&D ao longo dos anos, tais como criação de capacidades tecnológicas, recebimentos de *royalties*, possibilidade de aplicação dos resultados dos projetos em seu parque de ativos. Contudo, há de se apontar as desvantagens originárias desse processo, tais como os custos de conformidade e o aumento do risco regulatório, dado que o mérito técnico-científico dos projetos são julgados pela ANEEL após sua conclusão.

Para que o país garanta o suprimento energético de longo prazo, Soares et al. (2020) pontuam que gastos em P&D são alternativas que possibilitam expandir a oferta de energia por outras fontes renováveis, apesar de ser um desafio.

O mundo depende preferencialmente do suprimento de energia oriundo dos combustíveis fósseis, visto que no passado eram fontes mais baratas se comparadas a outras disponíveis. Logo, para mudar essa realidade, Roser (2020) diz que para o mundo ser movido por alternativas mais seguras e limpas de energia, é necessário garantir que essas fontes sejam mais baratas que os combustíveis fósseis. Com essa ideia, gastos com a ampliação de energia renovável e em tecnologia por meio de P&D são necessários para que a capacidade instalada apresente expansão e impacte positivamente na baixa dos preços e assim, torne as fontes de energia renováveis atraentes.

## 2.2 INVESTIMENTOS DO SETOR

O modo de produção energética e a garantia ao acesso universal são preocupações constantes no Pacto Global que formou a Agenda 2030 (Souza, 2020). O Relatório de Apoio ao *Workshop* de Lastro e Energia do Ministério de Minas e Energia (MME) elaborado em 2019, enfatiza a necessidade de novas formas de energia e tecnologias que aumentem a eficiência energética. Nas últimas décadas, a expansão hidrelétrica ocorreu majoritariamente por meio de usinas a fio d'água (EPE, 2019).

Nas últimas duas décadas, houve aumento no interesse a favor da integração de matrizes energéticas renováveis no *mix* de geração de energia, com o intuito tanto de garantir a segurança energética no âmbito de políticas de transição, quanto para lidar com as mudanças climáticas (Hache & Palle, 2019).

Contudo, nos últimos anos, os empreendimentos de geração a partir de recursos renováveis como eólicos e fotovoltaicos estão presentes e competitivos, de modo a se tornarem responsáveis por significativa parte da expansão no parque gerador brasileiro. O desenvolvimento disruptivo de novas tecnologias e rápidas mudanças de matriz fizeram com que o país passasse por evolução nos últimos anos. Essa transição e as constantes crises hídricas que assola o país, expuseram a fragilidade de sinais de desgaste no modelo atual, dependente de uma única matriz energética (Souza, 2020).

É necessário que o Brasil junto das empresas do setor elétrico, assumam compromisso sério com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), visando estimular ações

econômicas de investimentos e políticas públicas vinculadas ao desenvolvimento sustentável em relação aos projetos.

Investimentos em tecnologias de energia renovável são considerados arriscados sob a ótica de serem inovadoras e interagirem com incertezas econômicas, tecnológicas e políticas (Sendstad & Chronopoulos, 2020). As inovações lidam ainda com ambientes de incertezas econômicas, tornando desafiador a adoção oportuna de tecnologia que não ameace a viabilidade das companhias em alcançar com eficácia as metas de investimentos estabelecidas por políticas internas.

A alta importância e demanda por energia renovável, levou a China a representar um dos campos de investimentos internacionais mais atraente, sendo líder mundial na construção e desenvolvimento de matrizes de energia renovável, com o maior investimento anual e produção de eletricidade a partir de recursos renováveis do mundo, além de significativa capacidade de investir em novos projetos.(Y. Chen et al., 2019)

O fato é que as empresas necessitam tomar decisões de investimentos precisas, enquanto os formuladores de políticas devem levar em conta como as empresas privadas respondem às diferentes fontes de incertezas para incentivar tais investimentos (Sendstad & Chronopoulos, 2020).

Para a realização de investimentos em tecnologias de energia renováveis, é necessário que essas tecnologias sejam competitivas em termos de custos se comparadas com as tecnologias baseadas em combustíveis fósseis (Egli, 2020). A globalização facilitou o acesso aos avanços tecnológicos para contribuir com o aumento da capacidade de energia renovável, por meio de reduções de financiamentos dos custos de projetos de energia renovável (Koengkan et al., 2020). Destaca-se que a globalização facilita a difusão de tecnologias por meio de incentivos diretos para investimentos em energias renováveis a custos mais baixos. Impulsiona também o crescimento econômico e, como resultado, o aumento da demanda de energia que exige investimentos em tecnologias renováveis para atingir o nível de demanda exigido.

Devido aos potenciais possibilidades de substituição das formas de consumo de energia, as políticas envolvendo a mitigação das mudanças climáticas devem ser pautadas na promoção de investimentos em energia renovável. O país precisa incentivar o uso de matrizes energéticas renováveis por meio de mecanismos baseados no mercado e o desencorajamento de fontes de energia fósseis. Logo, a implementação de políticas como créditos fiscais sobre a produção de energia renovável, mercados de financiamentos facilitados para investimentos em tecnologias de energia renovável, devem ser incentivados na busca por mix de energia

sustentável (Ansari et al., 2021). Portanto, a cooperação entre as partes interessadas envolvendo setor público e privado em termos de financiamento de projetos, avanços tecnológicos e novos projetos de inovação são contribuições essenciais para a exploração substancial do setor de energia renovável.

### 2.3 CENÁRIO DAS MATRIZES ENERGÉTICAS

As matrizes energéticas correspondem ao conjunto de fontes capazes de gerar e suprir a demanda por energia. O mundo depende de fontes de energia não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural (EPE, 2022), no entanto, a matriz brasileira é considerada uma das mais renováveis do mundo, o que representa 84,8% da oferta interna.

No Brasil, a energia hidrelétrica é a principal fonte de energia do país, mesmo que esse recurso se apresente como alternativa renovável para a geração de energia elétrica. As secas dos últimos anos evidenciam a total dependência que o país apresenta a esse tipo de matriz, tendo sua segurança energética fortemente vulnerável às mudanças climáticas (Silva et al., 2016). Diante dessa realidade, Bondarik et al., (2018) lembram que o país busca estratégias para manter sua matriz renovável e ao mesmo tempo atender à demanda por energia e realizar um desenvolvimento econômico consistente, levando em conta os impactos ambientais e sociais. No entanto, de acordo com Mantovani et al. (2016), o país necessita de investimentos em tecnologia para a redução dos custos referentes à implantação e expansão de novas matrizes.

Dentre os tipos de matrizes energéticas, destaca-se algumas que poderiam contribuir com a inovação do setor elétrico: a energia eólica que produz eletricidade a partir de turbinas eólicas, convertendo a energia cinética do fluxo do vento em energia mecânica; a fotovoltaica que gera eletricidade a partir de células solares capazes de absorverem e converterem fótons em elétrons; a marinha que produz eletricidade a partir da energia cinética das ondas e marés do oceano; e a de biomassa que utiliza materiais orgânicos para gerar eletricidade. Todas essas matrizes são consideradas fontes de energia alternativas com zero ou pouca emissão de carbono (Sim & Kim, 2019).

Por meio da distribuição da matriz elétrica brasileira é possível observar a dependência pela fonte hídrica e a centralização de grandes usinas hidrelétricas (Sataloff et al., 2020). Tal situação desencadeia insegurança no fornecimento de energia devido à vulnerabilidade que esta fonte possui diante das variações climáticas.

Perceber as transformações tecnológicas e compreender os seus efeitos sobre as organizações é fundamental para traçar novas rotas de desenvolvimento e melhorias. Na realidade econômica atual, marcada pela competitividade e exigência de qualidade dos produtos, o sucesso de uma organização depende da capacidade de inovação tecnológica para a criação de valor no mercado de longo prazo. Desse modo, P&D demonstram desde o início do século, protagonismo no processo de inovação tecnológica das empresas (Andreassi & Sbragia, 2002).

Segundo Cohen e Levinthal (1989), os esforços em P&D criam habilidades para as empresas explorarem e assimilarem as informações, de modo a se beneficiarem das condições e conhecimentos existentes. Com isso, tendem a obter vantagens competitivas, visto que adquirem o desenvolvimento de competências técnicas e absorvem com facilidade mudanças de mercado e novas tecnologias existentes. Ressalta-se que tecnologias de energias renováveis são importantes alternativas para a sustentabilidade, de modo que esforços políticos e industriais aumentam sua participação no consumo global de energia (Raven et al., 2009).

Mesmo sabendo da importância de P&D, Andreassi e Sbragia (2002) questionavam até que ponto influenciam os resultados das organizações e deste modo, algumas pesquisas analisam o modo com que os gastos em P&D afetam o desempenho das empresas. Ribeiro (2018) analisou as empresas distribuidoras de energia, cujos resultados demonstraram que o desempenho financeiro é positivamente influenciado pelos gastos em P&D, assim como a redução nas perdas de energia. Santos (2014) afirma que nos últimos anos, os gastos em P&D ganharam impulso com o intuito de diminuir os custos de geração de energia renovável, visto que possuem custos mais elevados do que as matrizes energéticas de origem fóssil.

Bronzatti e Iarozinski Neto (2010) lembram que o Brasil possui uma variedade de fontes energéticas, contudo, é necessário investimentos em tecnologia e pesquisas para a ampliação de geração de energia por fontes renováveis a custos competitivos, bem como a execução de projetos eficientes que possibilitem o fornecimento de energia com custos baixos. Entretanto, segundo os mesmos autores, há de se reconhecer que no curto prazo, os custos de geração de energia oriundos de Matrizes Energéticas renováveis são mais elevados, impactando no desempenho financeiro das empresas, que dependem ainda de investimentos e incentivos do governo.

Estudos referentes ao emprego de fontes de energias renováveis e menos poluentes produzem possíveis soluções aos países em relação à eficiência na produção de energia com menos impactos ambientais (Salgado Junior et al., 2017). Ademais, análises sobre as

características dos gastos em P&D, sobretudo na expansão das matrizes energéticas, são importantes na orientação do planejamento do setor elétrico, garantindo o seu desenvolvimento e adaptação às mudanças de mercado (Mantovani et al., 2016).

Em ambientes de incerteza econômica, a adesão oportuna de tecnologia permite atingir em tempo hábil as demandas por investimentos na modernização do setor. Contudo, não pode-se deixar de considerar que investimento em tecnologias de energias renováveis é arriscado por cenários de incertezas que permeiam os aspectos econômicos, tecnológicos e políticos (Sendstad & Chronopoulos, 2020).

## 2.4 HIPÓTESE DE PESQUISA

A hipótese foi estipulada com o intuito de responder ao problema de pesquisa e seguindo a metodologia adotada em estudos semelhantes (Garces & Daim, 2012; T. Wu et al., 2020).

Garces e Daim (2012) avaliaram as mudanças tecnológicas e o crescimento econômico dos Estados Unidos por meio dos gastos com P&D e em seus achados, comprovaram que P&D impactam positivamente a economia no longo prazo, demonstrando que as tecnologias de energia renovável desempenharão papel importante no desenvolvimento sustentável.

Wu, Yang e Tan (2020) examinaram os efeitos dos subsídios governamentais em P&D sobre os investimentos em energia renovável nas empresas chinesas. Os resultados evidenciaram que os subsídios governamentais em P&D promovem efetivamente investimentos em energia renovável, sendo fundamentais na promoção de inovação no setor.

Kose et al. (2020) salientam que a pressão por crescimento e desenvolvimento econômico sustentável é motivo de preocupação para a maioria das economias no mundo, principalmente pelo aumento do consumo de energia ao longo dos anos. Diante disso, a evolução dos recursos aplicados em P&D é preconizado por Sim (2018) que aponta tendência de aumento desses gastos para impulsionar o desenvolvimento e comercialização de tecnologias de energias renováveis para crescimento futuro. Acrescenta-se que a expansão da oferta de energia por outras fontes representa um desafio, mas conforme Soares et al. (2020) é necessário que a adesão à aplicação de recursos em P&D seja evidente a fim de garantir cadeias produtivas de energia limpa e diversificada.

O setor elétrico passará por mudanças nos próximos anos em virtude da expansão das fontes renováveis (Lima et al., 2019). Logo, as empresas aplicam maiores recursos em P&D

para obter melhores tecnologias para a geração de energias renováveis, principalmente aquelas que possuem preponderantemente em seu portfólio de geração de energia as matrizes energéticas não renováveis.

Ademais, o fortalecimento da inovação da tecnologia para fornecer energia por meio de fontes renováveis auxilia as empresas na competitividade mundial pela inovação de suas matrizes energéticas (T. Wu et al., 2020). Países desenvolvidos, como a Coreia do Sul, incentivam a implantação e aplicação comercial de diversos tipos de fontes de energia renovável a partir de investimentos em P&D de tecnologias relacionadas (Sim & Kim, 2019).

Nas últimas décadas, as tecnologias em energia renovável são consideradas alternativas para a energia convencional, dado aos impactos ambientais negativos a ela relacionados, tais como escassez de recursos, efeitos negativos no meio ambiente, questões políticas e volatilidade nos preços. Diante dessas constatações, os governos têm buscado substituir os recursos convencionais de energia por meio da promoção de tecnologias alternativas de modo a diminuir a dependência energética de fontes não renováveis (Garces & Daim, 2012).

Desse modo, os projetos efetuados pelas companhias com P&D desempenham papel importante por possibilitarem a inovação e criação de novas perspectivas na geração de energia por meio de matrizes energéticas diversificadas e renováveis.

Alguns autores apontam que P&D são considerados *inputs* orientadores nos investimentos em energias renováveis (Hud & Hussinger, 2015; T. Wu et al., 2020), sendo apresentada, portanto, a **H<sub>1</sub>** desta pesquisa:

**H<sub>1</sub>: Há relação causal positiva entre os recursos aplicados em P&D e os investimentos em energia renovável.**

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo estão apresentados os itens: (i) Enquadramento da pesquisa e base de dados que origina a amostra a ser analisada e (ii) Procedimentos metodológicos adotados para as análises envolvendo P&D e investimentos renováveis.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA E AMOSTRA

A pesquisa caracteriza-se como descritiva, cuja abordagem é voltada em retratar as características de determinada população na busca por possíveis relações entre variáveis (Gil, 2002), como os investimentos em energia renovável e os programas de P&D. Ademais, caracteriza-se por utilizar hipóteses especulativas, cujas validações ocorrem por meio de dados estatísticos estruturados. Desse modo, a abordagem da pesquisa é classificada como quantitativa, tanto na obtenção dos dados quanto nos procedimentos estatísticos e nas técnicas de análise (Richardson et al., 1985).

A amostra da pesquisa é composta por todas as empresas de capital aberto que atuem direta e indiretamente na geração de energia elétrica listadas na B3 S/A (Brasil, Bolsa, Balcão). Dessa forma, são analisadas as empresas de geração de energia elétrica entre os anos de 2017 a 2020 para verificar a relação entre os gastos realizados em P&D e o desenvolvimento sustentável das empresas brasileiras geradoras de energia. Ressalta-se que não foi possível aplicar maior análise temporal em virtude da escassez de informações disponibilizadas pelas empresas em seus Relatórios de Sustentabilidade e Relatórios de Administração antes de 2017.

O segmento de energia elétrica da B3 S/A possui 61 empresas atuando nas áreas de geração, comercialização, transmissão e distribuição. A amostra é composta pelas empresas que atuam no setor de geração de energia devido ao objeto de estudo estar relacionado à produção de energia elétrica por meio de matrizes renováveis. Assim, foram excluídas da amostra 30 empresas que não possuem em seu portfólio de atuação, a geração de energia.

Adicionalmente, não foram consideradas 13 empresas que não dispuseram os dados necessários para a execução da pesquisa. Ressalta-se que essa característica tende a representar um viés da pesquisa, visto que empresas cujos investimentos em energia tendem a ser insignificantes, podem optar pela não divulgação. Conforme a Teoria da Divulgação Voluntária, a divulgação é considerada um processo endógeno de modo que são considerados os incentivos que os gestores e empresas possuem para divulgarem ou não as informações

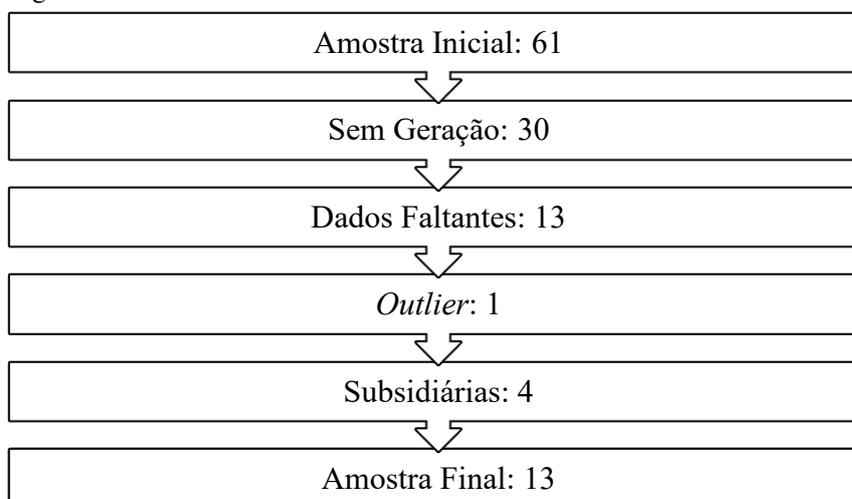
(Salotti & Yamamoto, 2008). Em termos práticos, empresas com ótimas perspectivas em inovação têm incentivo maior em divulgar com detalhes essas informações, visto que acreditam que os custos relacionados a essa divulgação compensam os benefícios. Por outro lado, empresas com menores perspectivas de inovação preferem não incorrer em custos de divulgação, visto que na ausência da informação, o mercado já terá essa percepção da falta de inovação.

A Eletrobras, devido a suas características discrepantes no tocante ao tamanho, nos desembolsos com P&D e nos investimentos em relação às demais observações, foi desconsiderada da amostra a fim de evitar que seu comportamento destoante refletisse na média das observações coletadas sobre as entidades. Dentre essas características, destaca-se o estímulo governamental por meio de P&D para otimizar inovações e desenvolvimento sustentável na economia, de modo que os gastos com P&D da companhia correspondem mais que o triplo dos gastos do restante da amostra. Entretanto, no tocante aos investimentos em energia renovável, a companhia está passando por um processo de reestruturação na busca por maior eficiência, redução de custos e endividamento, com impacto direto nos investimentos em energia renovável, que se encontram em patamares abaixo do cenário energético nacional.

Destaca-se que por se tratar de estatal do governo federal com enorme representatividade no setor elétrico, tende a possuir vantagens políticas e assumir menores riscos se comparado ao restante das empresas da amostra (Wu et al., 2012), possuindo vieses oriundos do caráter institucional da companhia e da sua função social.

Em seguida, para não haver duplicidade de dados, teve-se que realizar uma última tratativa ao excluir 4 companhias que são subsidiárias de outras empresas e encontravam-se consolidadas nas demonstrações financeiras já incluídas na amostra. Após estas últimas tratativas, a amostra final é composta por 13 empresas analisadas entre os anos de 2017 e 2020. A Figura 1 apresenta resumo das tratativas adotadas para se chegar na amostra final:

Figura 2 – Tratativas da amostra



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Portanto, a amostra é constituída pelas companhias de capital aberto do setor de geração de energia elétrica listadas na B3 S/A no ano de 2022, caracterizada como não probabilística. A Tabela 1 apresenta as empresas do setor elétrico que compuseram a amostra.

Tabela 1 – Empresas do setor elétrico que compõem a amostra

	<b>Empresas</b>	<b>Segmento</b>
1	AES Tietê Energia S.A.	G
2	Cemig Geração e Transmissão S.A.	G e T
3	Centrais Elétricas de Santa Catarina	G e D
4	CESP - Companhia Energética de São Paulo	G
5	Cia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica-CEEE-GT	G e T
6	Companhia Paranaense de Energia S.A.	G, T e D
7	CPFL Energia S.A.	G e D
8	EDP Energias Brasil S.A.	G, T e D
9	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.	G
10	Enel Brasil S.A.	G, T e D
11	Engie Brasil Energia S.A.	G
12	Neenergia S.A.	G, T e D
13	Rio Parapanema Energia S.A.	G

Nota: G - geração; T - transmissão; D – Distribuição

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Importante frisar que não foi possível incluir na amostra o ano de 2021 por não haver padronização nas datas de publicação dos Relatórios de Sustentabilidade, e até maio de 2022, período cujas últimas coletas de dados foram realizadas, algumas empresas não haviam publicados seus relatórios.

### 3.2 INSTRUMENTO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS

Para a obtenção das informações referentes à P&D e aos investimentos para a compra ou expansão de ativos, foram utilizados os Relatórios de Sustentabilidade e Relatórios de Administração divulgados pelas empresas em seus *websites* da B3 S/A.

Adicionalmente, é importante acrescentar à lista de limitações a dificuldade em acessar determinados dados sobre P&D e os investimentos efetuados pelas empresas, o que resultou na seleção da amostra para o período de 2017 a 2020. As variáveis foram selecionadas conforme a literatura e obedecendo limitação de acesso a outros dados relacionados à P&D. Ressalta-se que apesar das empresas analisadas serem companhias abertas e reguladas pela ANEEL quanto aos desembolsos efetuados em P&D do setor, não existe a obrigatoriedade, seja por parte ANEEL ou da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), de divulgação de dados detalhados sobre o programa de P&D de cada empresa.

Os gastos efetuados com P&D foram coletados nos Relatórios de Sustentabilidade das companhias. No tocante ao direcionamento adotado para esses recursos, foi necessário utilizar a base de dados disponibilizado nos *websites* do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica da ANEEL, cujos projetos de P&D concluídos entre os anos de 2017 e 2020 estão disponíveis. Importante frisar que para os projetos em fase de execução, a ANEEL não disponibiliza o valor total gasto ou previsto. Apenas são divulgados os gastos totais efetuados nos programas após terem sido concluídos.

Quanto aos investimentos anuais das companhias, por meio dos Relatórios da Administração, foi possível abordar o direcionamento efetuado pelas empresas em relação aos desembolsos efetuados para a compra ou expansão de ativos, a fim de observar as perspectivas presentes no setor para o fornecimento de inovações e de suprimento energético renovável ao longo prazo.

O modo com que as geradoras de energia vêm trabalhando nos últimos anos para a menor dependência de uma única fonte de matriz energética e garantir estratégias de desenvolvimento do setor elétrico será observada por meio dos programas de P&D das empresas e da destinação dada aos investimentos efetuados para a compra ou expansão de ativos relacionados a matrizes energéticas renováveis.

No tocante às variáveis de controle, os dados foram obtidos diretamente dos Relatórios Financeiros Anuais, utilizando como ferramenta os demonstrativos dispostos nesses relatórios, complementados com as Notas Explicativas.

### 3.3 VARIÁVEIS E MODELOS

As variáveis utilizadas no estudo foram previamente baseadas na literatura. A Tabela 2 apresenta o resumo das variáveis utilizadas na pesquisa.

Tabela 2 – Variáveis da pesquisa

Variável	Descrição	Operacionalização	Referências
<b>Variável Dependente</b>			
ER	Desembolsos efetuados para a compra ou expansão de ativos relacionados a matrizes energéticas renováveis	$ER_{it}$	(T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019)
<b>Variáveis Independentes</b>			
PeD	Gastos efetuados em P&D		(Kose et al., 2020)
Ativo	Ativo total	$Ativo Total_{it}$	(T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019)
Concentracao	Proporção do maior acionista		(T. Wu et al., 2020)
ROE	Proporção do lucro líquido para o saldo médio do patrimônio líquido	$ROE = \frac{LL}{\bar{x}PL}$	(T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019)
Crescimento	Taxa de crescimento da receita operacional líquida	$Growth_n = \frac{ROL_n}{ROL_{n-1}}$	(T. Wu et al., 2020)
Covid19	<i>Dummy</i> que assume valor igual a 1 (um) para o ano da amostra que ocorreu a pandemia (2020).		(Amorim et al., 2022)
Setor	<i>Dummy</i> que assume valor igual a 1 (um) para empresas cujo portfólio de atuação seja 100% voltado para a geração de energia.		(Yang et al., 2019)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Os investimentos em energia renovável representam a variável dependente (ER), mensurada pelo montante líquido pago pela empresa para a compra de ativos fixos, ativos intangíveis e outros ativos de longo prazo relacionados a matrizes energéticas renováveis (He et al., 2019; T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019).

A transição tecnológica é realidade no setor elétrico por meio de pressões rumo ao desenvolvimento de um novo sistema baseado em investimentos em tecnologias sustentáveis (Amaral, Marx, Salerno, 2017). As mudanças nas condições climáticas, regulações ambientais, escassez energética e altos preços dos combustíveis fósseis impulsionam a adoção de tecnologias de geração a partir de fontes renováveis (Cuervo, 2016). Formuladores de políticas dos países da União Europeia são encorajados a aumentar os dispêndios com P&D para fomentar a produção de energia renovável e diversificar o portfólio de energia (Kose et al., 2020).

Os dispêndios em P&D representam a variável independente (PeD) realizados pela empresa e disponibilizados nos Relatórios de Sustentabilidade das companhias. A demanda impulsionada pelo crescimento da economia desafia o setor elétrico no quesito de soluções tecnológicas, que dificilmente serão alcançadas sem esforços coordenados em P&D (Amaral et al., 2017). Kose, Bekun e Alola (2020) evidenciam que o desenvolvimento de pesquisas impactam positivamente o crescimento dos países da União Europeia e Sim (2018) aponta que o investimentos em energia renovável influenciam positivamente no valor dos desembolsos com P&D.

A  $H_1$  será testada de acordo com o modelo econométrico apresentado na Equação 1:

$$ER_{it} = \alpha + \beta_1 PeD_{it} + \beta_2 Tam_{it} + \beta_3 Concentracao_{it} + \beta_4 ROE_{it} + \beta_5 Crescimento_{it} + \beta_6 Covid19_{it} + \beta_7 Setor_{it} + \beta_8 Ano_{it} \varepsilon_i$$

(Equação 1)

A interferência de outros fatores pertinentes às empresas é controlada por um conjunto de variáveis a serem utilizadas neste estudo. Em relação à variável de controle ativo total (Ativo) Yang et al. (2019) apontam que o tamanho da empresa tende a possuir efeito positivo no investimento em energia renovável e quanto maior o empreendimento, mais fluxo de caixa interno há para investir em projetos rentáveis.

No que se refere ao retorno sobre o patrimônio líquido (ROE) e a taxa de crescimento da receita operacional líquida (Crescimento), as empresas estão mais inclinadas a aumentarem os investimentos e promoverem crescimento quando os recursos são suficientes e se encontram em situações econômicas favoráveis (T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019). Os autores apontam ainda que a variável concentração de capital (Concentracao), cujo controle das empresas e tomada de decisão é afetada, possuem o potencial de influenciar os investimentos das empresas.

O ambiente de pandemia em 2020 com a Covid-19 e as incertezas quanto ao futuro afetaram as decisões corporativas e por vezes os investimentos são tomados por meio de decisões enviesadas (Amorim et al., 2022). Com os impactos da pandemia em 2020, o cenário envolvendo os anseios dos administradores e como estas influenciam as decisões de investimentos são representados pela *dummy* Covid19 que assume valor igual a 1 (um) para o ano de 2020. Ressalta-se que a variável *dummy* Covid19 não tem a função de controlar os anos no modelo estatístico, e sim, avaliar o impacto que a pandemia trouxe para os investimentos efetuado pelas empresas.

Yang et al. (2019) salientam que assim como os ativos totais, o tamanho do empreendimento influencia o montante de investimentos realizado pelas companhias devido ao fluxo de caixa interno mais intenso. Diante disso, criou-se a *dummy* Setor com o intuito de controlar o portfólio de atuação das companhias analisada, assumindo valor igual a 1 (um) para as empresas voltadas totalmente para a geração de energia. Tal controle se faz necessário pois as empresas que possuem mais de um portfólio de atuação no setor elétrico (geração, transmissão e/ou distribuição), possuem maiores recursos do fluxo de caixa interno oriundos da participação mais abrangente em toda a cadeia, sendo fator preponderante para a tomada de decisão envolvendo investimentos.

Ao estimar a regressão, foi necessário controlar o período. De acordo com Hoffmann e Vieira (2016), devem ser controladas características específicas de cada observação, e como o setor elétrico possui um cenário de considerável mudança no ambiente organizacional, com crescimentos no número de empresas listadas na bolsa, fusões e aquisições de grandes empresas, além de impactos políticos (Bin et al., 2015; Loch et al., 2020), se fez necessário controlar o período por meio da variável Ano.

Conforme estudos anteriores envolvendo P&D e investimentos em energia renovável, todas essas variáveis podem afetar as decisões de investimentos das companhias (Chen, Heng, Tan & Lin, 2018; Meuleman & Maeseneire, 2012; Wu, Yang & Tan, 2020; Colombo; Croce & Guerini, 2013).

Com o intuito de não haver exclusão de nenhum outro *outlier* entre as empresas selecionadas, optou-se pela *winsorização* das variáveis a um nível de significância de 1%. Os pressupostos da regressão referente a normalidade, utilizou-se o teste de *Shapiro-Francia*, indicado para quando a amostra possui mais de 30 observações. Para a multicolinearidade, foi utilizada estatística *vif* (*variance inflation fator*) que de acordo com Montgomery, Peck e Vining (2021) ocorre quando duas ou mais variáveis são muito correlacionadas entre si, dificultando a distinção de suas influências separadamente no modelo de regressão. Para que a regressão seja aceitável, foi considerado que o fator de inflação da variância para os estimadores seja inferior a 4 (Fávero et al., 2009).

O teste de *Breush-Pagan-Godfrey* rejeitou a hipótese nula que indicasse a existência de heterocedasticidade para os modelos ( $p = 0,000$ ), ou seja, pode-se indicar com um nível de significância de 1% que o modelo não possui a mesma variância em todas as observações. Logo, optou-se pela utilização da estimação com erros-padrões robustos para correção de possíveis problemas de heterocedasticidade. Portanto, foi utilizado o modelo de regressão de Mínimos

Quadrados Ordinários (MQO) com erros-padrões robustos, estimados pelo software *Stata16*®, tendo os investimentos em fontes renováveis como variável dependente e os dispêndios em P&D e dados de controle como variáveis independentes.

## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

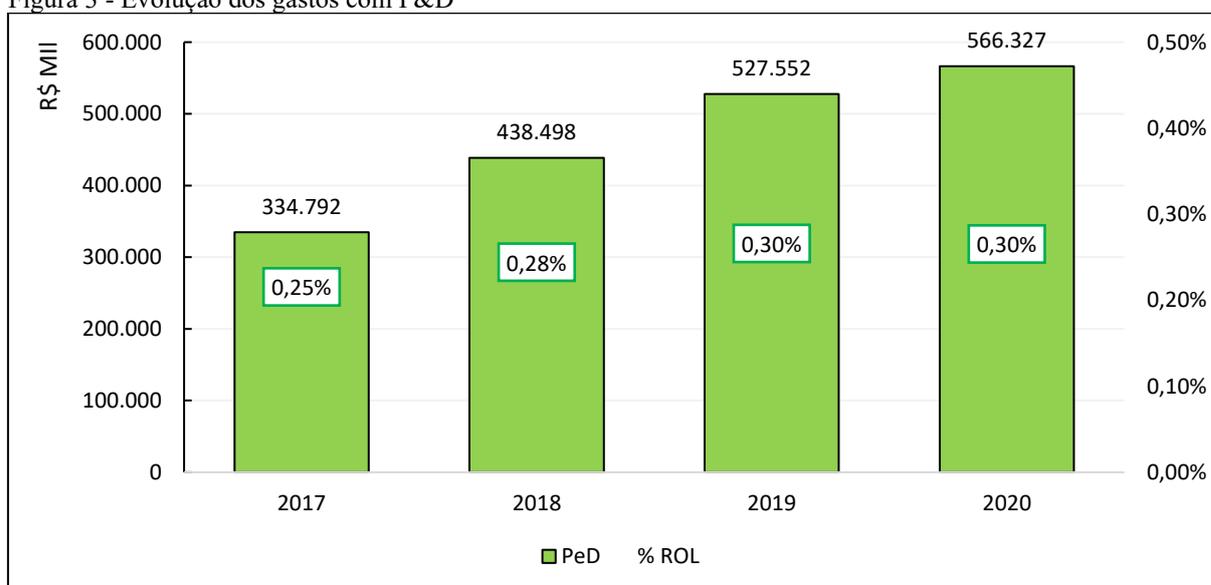
Este capítulo traz a descrição e análise dos resultados. Primeiramente são apresentados os gastos efetuados nos programas de P&D concluídos entre os anos de 2017 e 2020, e os investimentos em energia renovável aplicados pelas companhias. Em seguida, são demonstrados os resultados obtidos pela análise de regressão estimada com erros-padrões robustos para o teste da hipótese elaborado no presente estudo.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS PROJETOS E INVESTIMENTOS

Os projetos concluídos entre os anos de 2017 e 2020 do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, regulado pela ANEEL, receberam a destinação total de \$ 734,5 milhões das empresas da amostra. Destaca-se que os projetos que envolvem fontes alternativas de energia correspondem a 33,8% dos recursos empregados.

A evolução das despesas com P&D e o percentual em relação à ROL durante o período são apresentados na Figura 3. Inicialmente, observa-se comportamento crescente volume de gastos em P&D nos quatro anos de análise.

Figura 3 - Evolução dos gastos com P&D



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

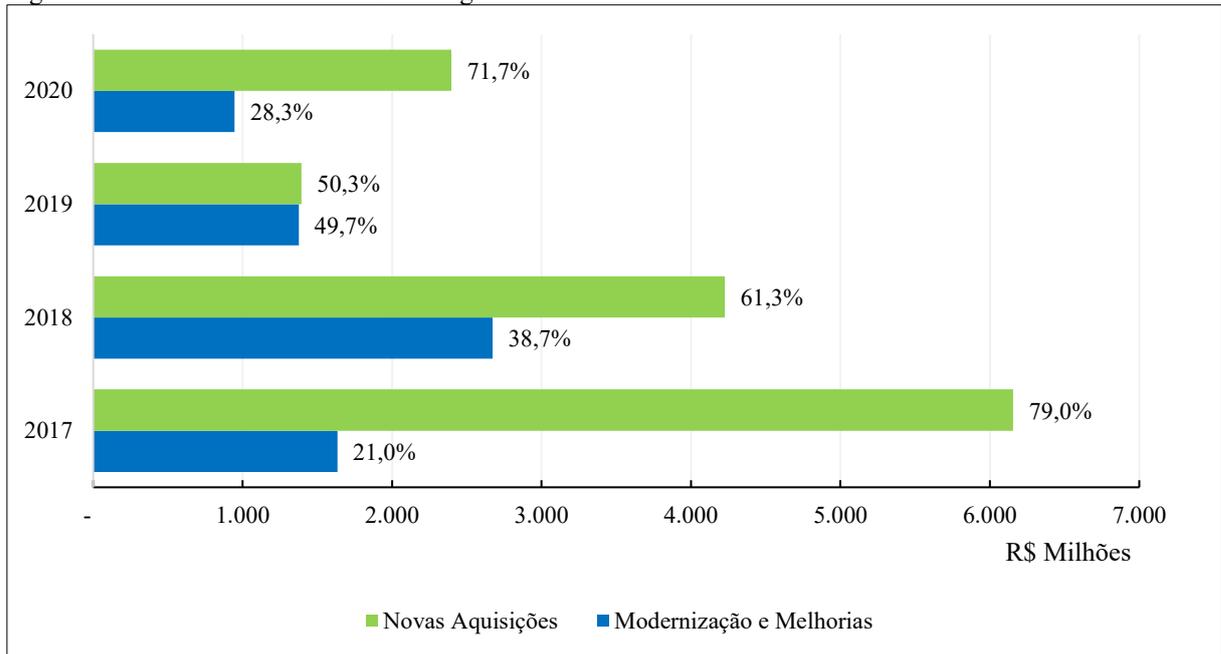
A análise dos desembolsos anuais efetuados aponta maior crescimento em 2018, cujos gastos com os projetos cresceram 31,0%, passando de R\$ 334,8 milhões para R\$ 438,5 milhões.

No mesmo período, a ROL das empresas obteve crescimento de 17,7%, o que denota que os gastos com P&D cresceram mais que as receitas das companhias. Em 2019, novamente é observado aumento dos gastos com P&D de 20,3%, totalizando R\$ 527,6 milhões, e superior ao crescimento da ROL no período de 11,7%. Contudo, em 2020 é apresentado menor crescimento nos gastos com P&D, com crescimento registrado de 7,3%, o que representa gasto anual em R\$ 566,3 milhões e inferior ao crescimento da ROL de 7,6%. Esse menor crescimento se comparado com os anos anteriores, pode refletir o cenário de incertezas causados pela pandemia da COVID-19.

A evolução dos recursos aplicados em P&D é preconizado por Sim (2018) que aponta tendência de aumento em P&D para impulsionar o desenvolvimento e comercialização de tecnologias de energia renovável para o crescimento futuro. Em termos acumulados, os gastos com P&D nas empresas geradoras registrou aumento de 69,2% entre 2017 e 2020. Acrescenta-se que a expansão da oferta de energia por outras fontes representa um desafio, mas conforme Soares et al. (2020) é necessário que a aplicação de recursos em P&D seja evidente a fim de garantir cadeias produtivas de energia limpa e diversificada.

No quesito aos investimentos efetuados para a compra, expansão ou melhorias dos ativos relacionados a matrizes energéticas renováveis, a Figura 4 apresenta variação nos anos analisados quanto aos recursos aplicados. O ano de 2017 caracteriza como mais representativo para com os investimentos, totalizando R\$ 7,8 bilhões. Contudo, no decorrer dos anos é observado redução no montante investido, atingindo o menor patamar em 2019, cujo valor foi de R\$ 2,8 bilhões. No período, os investimentos em matrizes renováveis totalizaram R\$ 20,8 bilhões.

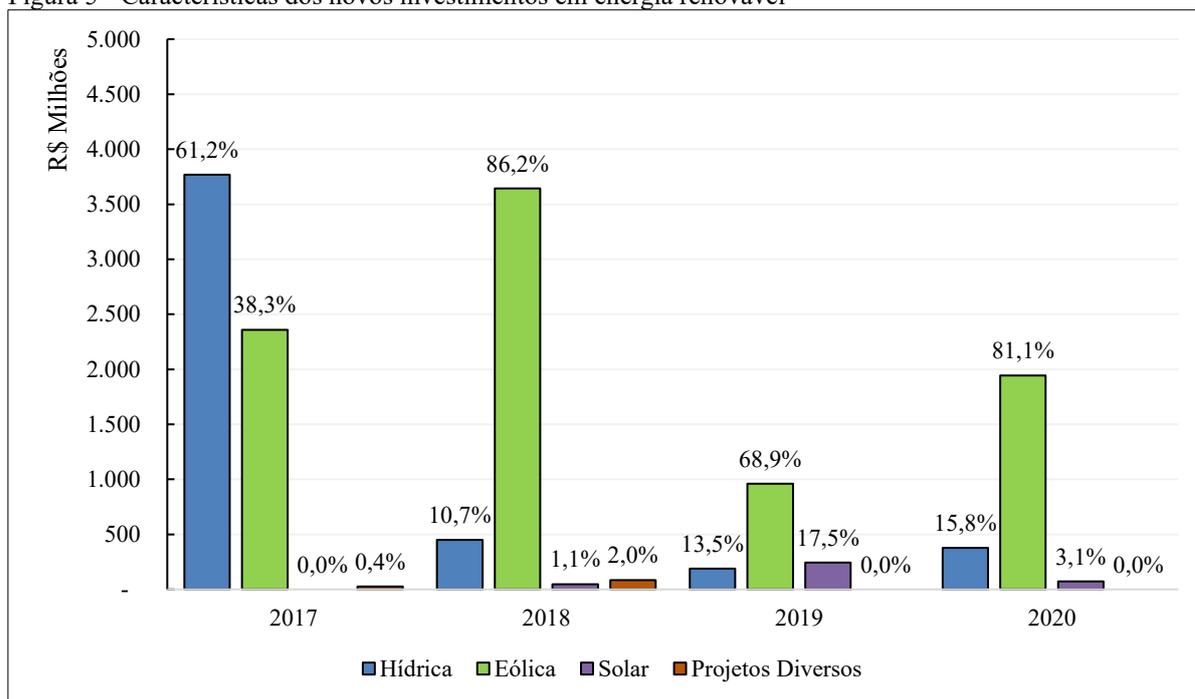
Figura 4 - Investimentos em matrizes energéticas renováveis



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nos anos analisados, os investimentos foram voltados para a aquisição ou expansão de novos ativos, o que representa 68,1% do total investido. Desses investimentos, o mais representativo são aqueles em energia eólica, que desde 2018, representam o principal direcionamento dos investimentos efetuados, e consumiu 62,9% do total investido. A energia hídrica ainda corresponde ao segundo maior investimento, recebendo 33,8% dos recursos aplicados, seguido de solar com 2,6% e projetos diversos com 0,8%. A Figura 5 apresenta os ativos adquiridos referente aos investimentos efetuados com novas aquisições.

Figura 5 - Características dos novos investimentos em energia renovável



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A movimentação que as empresas vêm desempenhando no direcionamento dos investimentos, corrobora com Silva, Marchi Neto e Seifert (2016) que descrevem o país como um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, e que apesar de trazer vantagens, evidencia um outro lado que é o da dependência a um único tipo de matriz diretamente ameaçado pelas mudanças climáticas e secas nos últimos anos.

Logo, a diversificação do *mix* de geração de energia aumenta a segurança no fornecimento de eletricidade e impulsiona o desenvolvimento de outras fontes renováveis. Diante disso, investimentos em matrizes hídricas apresentam redução, enquanto as empresas vêm na energia eólica um mecanismo para diversificar suas matrizes. Ressalta-se que o ano de 2018 representou o mais significativo em relação aos investimentos em energia eólica.

Para fins comparativos, enquanto os investimentos totais em matrizes renováveis foram de R\$ 20,8 bilhões, a geração de energia por meio de matrizes não renováveis, caracterizados pelas usinas termelétricas, receberam o investimento total de R\$ 1,7 bilhão, o que representa apenas 8,0% do total dos investimentos efetuados.

Hashemizadeh et al. (2021) evidenciam claramente a tendência dos países em investirem em novas tecnologias diferentes das fontes convencionais, visto que nos resultados apresentados, fica perceptível que a tecnologia de energia renovável tem prioridade maior para as empresas preservarem o mercado doméstico e prosperarem em mercados internacionais.

## 4.2 MODELO ESTRUTURAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na pesquisa, com o intuito de se observar a média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo dos dados coletadores referentes às empresas geradores de energia que compuseram a amostra estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis

n=13					
Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
ER	399.986.212	906.222.934	114.743.000	0,00	5.538.100.000
PeD	35.907.083	32.908.505	35.717.961	930.430	137.090.000
Ativo	26.177.797.135	21.330.080.023	21.690.011.500	1.245.025.000	80.082.694.000
Concentracao	0,667	0,217	0,625	0,277	0,993
ROE	0,169	0,103	0,154	-0,023	0,515
Crescimento	0,128	0,184	0,093	-0,476	0,667

Nota: ER – investimentos em energia renovável; PeD – gastos anuais com Pesquisa e Desenvolvimento; Ativo – ativo total; Concentracao – proporção do maior acionista; ROE – retorno do lucro líquido em relação ao saldo médio do patrimônio líquido; Crescimento – taxa de crescimento anual da Receita Operacional Líquida.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A estatística descritiva dos investimentos em energia renovável (ER) revela que em média são aplicados R\$ 400,0 milhões anualmente em compras ou expansão de ativos relacionados a matrizes energéticas renováveis. Entretanto, esse valor apresenta discrepância entre as empresas, de modo que enquanto a Engie chegou a investir R\$ 5,5 bilhões em 2017, a CEMIG não investiu em energia renovável em 2019.

As empresas aplicam em média R\$ 35,9 milhões em programas de P&D regulados pela ANEEL que contribuam para a inovação no setor. O valor máximo anual aplicado em P&D corresponde à Neoenergia, que desembolsou R\$137,1 milhões em 2020, enquanto o menor valor foi o da EMAE, R\$ 930 mil em 2017. Em suma, percebe-se maior volume de investimentos em energia renovável do que recursos aplicados em P&D.

Em relação à concentração acionária, as empresas apresentam média de 66,7%, o que parece representar um setor com considerável controle acionário. Outra característica é a tendência de concentração de capital por meio de fusões e aquisições envolvendo grandes grupos controladores (*holding*) (Bin et al., 2015). A empresa com o controle acionário mais diluído é a EDP Energias do Brasil, cuja concentração máxima corresponde a 27,71% da EDP

*International Investments and Services*. Por outro lado, a Enel é fortemente controlada pela Enel Américas, com 99,25% de participação em 2020.

As empresas analisadas apresentam em média crescimento de 12,8% ao ano em suas receitas líquidas, cujo maior crescimento registrado foi de 66,7% da Enel em 2017. Entretanto, no período analisado, algumas empresas também apresentaram queda em suas receitas, sendo a queda mais representativa correspondente à da CEE-GT que viu sua receita reduzir em 47,6% em 2017. Se segregarmos o crescimento médio das empresas entre os anos de 2017 a 2020, o ano de 2018 foi o que apresentou maior taxa de crescimento de 16,7% na receita das empresas. Por outro lado, 2020 apresentou o menor crescimento médio anual da ROL em 8,2%, podendo ser impactado da pandemia da Covid-19, cujos efeitos as empresas brasileiras sentiram especialmente devido às perdas nas vendas e na lucratividade (Amorim et al., 2022).

No que diz respeito ao ROE, as companhias obtiveram em média retornos de 16,9% na geração de lucro conforme o capital investido pelos sócios. Houve retorno negativo (-2,3%) devido ao prejuízo registrado pela CESP de R\$ 168,5 milhões em 2017. Contudo, apesar de ser ano cujos impactos da pandemia eram sentidos pelas empresas, a AES Tietê obteve retornos de 51,5%, principalmente pelo crescimento de 182,6% em seu lucro líquido, que em termos absolutos, aumentou em um ano de R\$ 300,1 milhões para R\$ 840,0 milhões, principalmente pelo reconhecimento de R\$ 947,0 milhões de ressarcimento de garantia física das usinas hidrelétricas.

No que tange ao tamanho das empresas (Ativo) que compuseram a amostra, em média o ativo total é de R\$ 26,2 bilhões, com grande variabilidade dependendo dos segmentos de atuação das empresas no setor elétrico. Dentre as empresas com maior representatividade, se destaca a Enel que atua nos segmentos de geração, transmissão e distribuição, cujo ativo total atingiu R\$ 80,1 bilhões em 2020. Dentre as empresas que possuem o menor tamanho, se destaca a Emae, que atua apenas como geradora, e cujo ativo total foi de R\$ 1,2 bilhão em 2017.

Para testar a relação entre as variáveis do estudo, foi calculada o teste de correlação de *Spearman*, cujos resultados são apresentados na Tabela 4. A correlação entre as variáveis é capaz de demonstrar a associação entre elas, fator que pode alertar sobre possíveis problemas nos estimadores de regressão. Com o intuito de verificar esses problemas, incluindo a endogeneidade, aplica-se a correlação das variáveis utilizadas na amostra e percebe-se que as variáveis dependentes não apresentaram forte correlação entre si, e portanto, diminui a incidência de problemas de multicolinearidade entre as variáveis.

Tabela 4 - Correlação de Spearman (n=13)

Variáveis	ER	PeD	Ativo	Concentracao	ROE	ROL	Covid	Setor
ER	1,0000							
PeD	0,1556	1,0000						
Ativo	0,0841	0,7688	1,0000					
Concentracao	-0,0394	-0,3796	-0,1492	1,0000				
ROE	0,3113	-0,0835	-0,1160	0,0891	1,0000			
Crescimento	0,0281	0,0640	0,2182	0,1860	-0,1108	1,0000		
Covid19	-0,0919	0,1356	0,1467	0,0459	0,4362	-0,1441	1,0000	
Setor	-0,2320	-0,5176	-0,6169	0,4661	0,1114	-0,1329	0,0000	1,0000

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O resultado da correlação de *Spearman* demonstra que a variável investimentos em energia renovável (ER) apresenta correlação positiva fraca com os gastos com P&D, ( $r = 0,1556$ ), o que representa que quanto maior os investimentos em energia renovável, as empresas tendem a realizar maiores gastos com P&D. Esse resultado corrobora estudos anteriores que indicam o potencial dos recursos em P&D para a promoção efetiva de investimentos renováveis, correspondendo em um primeiro momento a fundos especiais que permitem a inovação do setor (T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019).

Ademais, empresas maiores em termos de Ativo Total apresentam correlação positiva com gastos com P&D ( $r = 0,7688$ ) e em energia renovável (ER) ( $r = 0,8441$ ). Os resultados evidenciam ainda que empresas com maiores concentrações acionárias (Concentracao) possuem correlação negativa com P&D e investimentos renováveis (ER) respectivamente ( $r = -0,3796$  e  $r = -0,0394$ ).

As empresas com atividades totalmente voltadas para a geração de energia, não tendo no portfólio de atuação atividades de transmissão e distribuição (*Dummy* Setor), apresentam correlação moderada negativa para os desembolsos com P&D e investimentos em energia renovável (ER). Denota-se que empresas presentes em praticamente toda a cadeia de atividades do setor elétrico efetuam maiores dispêndios com inovação e desenvolvimento.

A taxa de retorno dos acionistas (ROE) apresenta correlação fraca positiva em relação aos investimentos renováveis (ER) ( $r = 0,3263$ ). O crescimento da receita das empresas mostrou correlação fraca e positiva para os investimentos (ER) e dispêndios com P&D ( $r = 0,0281$  e  $r = 0,0640$  respectivamente). A fraca correlação no teste de *Spearman* aponta que o crescimento da receita não é um fator preponderante para os dispêndios em inovação e pesquisa.

Os impactos da pandemia nas variáveis do estudo, mostrou que a Covid19 apresenta correlação fraca e positiva em relação aos investimentos realizados pelas companhias ( $r = -$

0,0043) e correlação fraca e positiva para os dispêndios com P&D ( $r = 0,1356$ ) ou seja, para o setor de geração, a pandemia não trouxe impactos no volume de investimentos.

O *software Stata16*® revelou os resultados da regressão, incluindo os testes para validar os modelos utilizados. Em relação à normalidade dos dados, foi aplicado teste de *Shapiro-Francia* com o intuito de testar a normalidade dos resíduos. Após o teste, a hipótese nula de distribuição normal é rejeitada ao nível de significância de 5% ( $p\text{-value} = 0,00001$ ). Entretanto, em concordância com o teorema do limite central e o fato da amostra conter 52 observações, relaxou quanto ao referido pressuposto de normalidade dos resíduos (Greene, 2003).

Para o teste de heterocedasticidade, foi realizado o teste de *Breusch-Pagan*, cujos resultados rejeitaram a hipótese nula que indicasse que os resíduos são heterocedásticos ( $p\text{-value} = 0,0000$ ). Logo, optou-se por utilizar a correção robusta de White para ajustar os erros padrões, visto que a hipótese nula do teste de *White* que indicasse a homecedasticidade também não foi rejeitada ( $p\text{-value} = 0,3121$ ).

No tocante ao teste de multicolinearidade, foi utilizada a estatística VIF (*variance inflation fator*), que para Montgomery et al. (2021) ocorre quando duas ou mais variáveis são correlacionadas entre si, dificultando a distinção de suas influências separadamente no modelo de regressão. Para que a regressão seja aceitável, foi considerado que o fator de inflação da variância para os estimadores seja inferior a 4 (Fávero et al.; 2009).

A Tabela 5 apresenta os valores de *variance inflation fator* (VIF), e conforme é demonstrado, todos os construtos do modelo são inferiores a 4, o que assegura a ausência de problemas de multicolinearidade.

Tabela 5 - Fator de inflação da variância (VIF)

Variável	VIF	1/VIF
PeD	3,08	0,33
Ativo	3,82	0,26
Concentracao	1,75	0,57
ROE	1,44	0,69
Crescimento	1,19	0,84
Covid19	2,24	0,45
Setor	2,23	0,45
<b>Ano</b>		
2018	1,57	0,64
2019	1,75	0,57
<b>VIF (média)</b>	<b>2,12</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A partir dos pressupostos apontados, testa-se como os investimentos em energia renovável se comportam em relação aos gastos com P&D. A Tabela 6 apresenta os resultados evidenciados pela análise de regressão robusta de *White*.

Tabela 6 - Influência dos gastos em P&D nos investimentos renováveis

ER	Coefficientes	Erro Padrão Robusto	t-value	P> t	Intervalo de 95% de Confiança	
PeD	1,00E+01	4,57E+00	2,190	0,034**	7,85E-01	1,92E+01
Ativo	-8,38E-03	7,23E-03	-1,160	0,253	-2,30E-02	6,20E-03
Concentracao	7,04E+08	5,18E+08	1,360	0,182	-3,42E+08	1,75E+09
ROE	5,17E+09	2,39E+09	2,160	0,036**	3,45E+08	9,90E+08
Crescimento	-1,82E+08	5,63E+08	-0,320	0,748	-1,32E+09	9,55E+08
Covid19	-1,14E+09	6,59E+08	-1,730	0,091*	-2,47E+09	1,89E+08
Setor	-6,11E+08	3,62E+08	-1,690	0,099*	-1,34E+09	1,19E+08
Ano						
2018	-2,29E+08	4,18E+08	-0,550	0,587	-1,07E+09	6,16E+08
2019	-8,28E+08	5,12E+08	-1,620	0,113	-1,86E+09	2,05E+08
2020	0	(omitted)				
Constante	3,22E+08	3,21E+08	-1,000	0,322	-9,70E+08	3,26E+08
R-Squared	0,377					
Root MSE	7,90E+08					

Nota: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . ER – investimentos em energia renovável; PeD – gastos anuais com Pesquisa e Desenvolvimento; Ativo – ativo total; Concentracao – proporção do maior acionista; ROE – retorno do lucro líquido em relação ao saldo médio do patrimônio líquido; Crescimento – taxa de crescimento anual da Receita Operacional Líquida; Covid19 – *Dummy* que assume valor igual a 1 para o ano de 2020; Setor - *Dummy* que assume valor igual a 1 para as empresas cujo portfólio de atuação é 100% voltado para a geração de energia. Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) demonstra quanto a variável dependente pode ser explicada dentro do modelo. De acordo com Cohen (1988), valores acima de 13% são considerados médios e valores acima de 26% são considerados altos. No modelo apresentado, os investimentos em energia renovável são explicados em 37,7% pelas variáveis de interesse e de controle, o que representa alto poder explicativo.

O resultado evidencia efeito positivo entre os investimentos em energia renovável e os gastos em P&D ( $\beta = 1,00$ ;  $p\text{-value} = 0,034$ ), e conseqüentemente não se rejeita a  $H_1$ . No tocante ao efeito econômico, há de se apontar que para cada R\$ 1,00 aplicado em P&D, os investimentos em energia renovável tendem a aumentar em R\$ 10,00. Este achado sugere que os gastos em P&D desempenham papel importante na inovação e criação de novas perspectivas na geração de energia por meio de matrizes energéticas diversificadas e renovadas. Este resultado corrobora estudos anteriores que indicam o potencial de P&D em promover efetivamente os investimentos em energia renovável (T. Wu et al., 2020; Zhang et al., 2016).

Este achado corrobora e resgata Garces e Daim (2012) que evidenciam em seu estudo que o investimento em tecnologia renovável e inovadora produzem efeitos positivos no crescimento econômico de longo prazo. Os achados de Wu, Yang e Tan (2020) também apontaram que os subsídios governamentais para com P&D promovem investimentos em energia renovável, essenciais para a inovação do setor.

Efeito positivo entre o retorno sobre o patrimônio (ROE) e os investimentos em energia renovável ( $\beta = 5,17E+09$ ;  $p\text{-value} = 0,036$ ) foi identificado, o que aponta que empresas com melhores retornos sobre o total do capital investido pelos acionistas, são mais encorajadas a realizarem investimentos em energia renovável. Este resultado não corrobora Yang et al., (2019) e Wu; Yang e Tan (2020), cujo efeito dos retornos esperados sobre os investimentos em energia renovável não foram significativos. Ainda de acordo com os autores, embora a lucratividade das empresas chinesas seja forte, quantidade substancial de recursos são utilizadas para atender os requisitos de produção e operação, o que torna os ganhos esperados limitados. Contudo, Koengkan, Poveda e Fuinhas (2020) apontam que o crescimento econômico possui efeito positivo sobre investimentos em capacidade instalada de energia renovável.

O impacto da Covid-19 mostra relação negativa entre a pandemia e os investimentos renováveis efetuado pelas empresas ( $\beta = -1,14E+09$ ;  $p\text{-value} = 0,091$ ). Este achado sugere que os efeitos provenientes da pandemia na conjectura econômica causaram apreensão nas empresas, de modo que grandes investimentos foram realizados com cautela. Entretanto, este resultado não vai de encontro com o estudo de Amorim, Sales e Grecco (2022), cujos resultados apontaram que as decisões de iniciação de novos projetos possuía vieses de excesso de confiança durante a pandemia, principalmente devido ao comportamento arrojado nos administradores para reverterem os impactos econômicos oriundos da pandemia. Por outro Hud e Hussinge, (2015) afirmam que as incertezas causadas em períodos de crise tornam as empresas mais cautelosas em relação às suas decisões de investimentos.

Também foi identificado efeito negativo para as empresas cujas atividades são totalmente voltadas para a geração de energia, não tendo no portfólio de atuação atividades de transmissão e distribuição ( $\beta = -6,11E+08$ ;  $p = 0,099$ ). Este achado sugere que empresas em mais de um portfólio de atuação do setor elétrico (geração, transmissão ou distribuição), possuem maior capacidade de realizar investimentos em energia renovável. Este resultado corrobora com Yang et al. (2019), visto que de acordo com os autores, quanto maior o empreendimento e portfólio de atuação, mais fluxo de caixa interno para investir em projetos rentáveis, e conseqüentemente, os investimentos em energia renovável aumentam.

O protagonismo de P&D no setor elétrico é evidente, de modo que as empresas buscam estrutura organizacional para lidar com os desafios e aumentar a eficiência de seus programas de P&D e como consequência o desenvolvimento de novas tecnologias que favoreçam o processo de transição rumo à sustentabilidade (Amaral et al., 2017).

Abban e Hasan (2021) constatam que os países desenvolvidos não consideram a energia renovável um método alternativo à produção de energia elétrica, estando comprometidos com os investimentos em energia renovável por considerarem essenciais para o meio ambiente. Deste modo, a tendência é que ocorra maiores gastos em projetos de P&D e investimentos na busca por maior sustentabilidade na geração de energia.

#### 4.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INCLUSÃO ELETROBRAS

Para fins de análise de sensibilidade, fez-se a inclusão da Eletrobras na amostra, de modo a avaliar o impacto nos resultados. Desse modo, utilizou a mesma metodologia adotada anteriormente na estimação dos resultados, por meio do modelo de regressão de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com erros-padrões robustos (Tabela 7).

Tabela 7 - Influência dos gastos em P&D nos investimentos renováveis (com Eletrobras)

ER	Coefficientes	Erro Padrão Robusto	t-value	P> t	Intervalo de 95% de Confiança		
PeD	3,89E+00	3,09E+00	1,260	0,215	-2,34E+00	1,01E+01	
Ativo	-6,28E-03	6,99E-03	0,900	0,374	-2,04E-02	7,79E-03	
Concentracao	5,48E+05	5,16E+05	1,060	0,294	-4,91E+05	1,59E+06	
ROE	4,62E+06	2,23E+06	2,080	0,044**	1,39E+05	9,10E+06	
Crescimento	-2,61E+05	5,49E+05	-0,480	0,637	-1,37E+06	8,44E+05	
Covid19	-1,06E+06	6,16E+05	-1,730	0,091*	-2,30E+06	1,77E+05	
Setor	-7,21E+05	3,85E+05	-1,870	0,068*	-1,50E+06	5,49E+04	
Ano							
	2018	-2,75E+05	4,28E+05	-0,640	0,523	-1,14E+06	5,86E+05
	2019	-7,70E+05	4,81E+05	-1,600	0,117	-1,74E+06	1,99E+05
	2020	0,00E+00	(omitted)				
Constante	5,22E+04	2,94E+05	0,180	0,860	-5,39E+05	6,43E+05	
R-Squared	0,339						
Root MSE	7,80E+05						

Nota: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . ER – investimentos em energia renovável; PeD – gastos anuais com Pesquisa e Desenvolvimento; Ativo – ativo total; Concentracao – proporção do maior acionista; ROE – retorno do lucro líquido em relação ao saldo médio do patrimônio líquido; Crescimento – taxa de crescimento anual da Receita Operacional Líquida; Covid19 – *Dummy* que assume valor igual a 1 para o ano de 2020; Setor - *Dummy* que assume valor igual a 1 para as empresas cujo portfólio de atuação é 100% voltado para a geração de energia. Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os achados evidenciam resultados diferentes após a inclusão da Eletrobras na amostra, principalmente se observar o efeito entre os investimentos em energia renovável e os gastos em P&D ( $\beta = 3,886$ ;  $p\text{-value} = 0,215$ ), que ao contrário da primeira análise não foram significativos. Tal comportamento pode ser explicado devido às características discrepantes da companhia, que por ser uma estatal nacional de enorme representatividade no setor, possui comportamento destoante em relação às demais empresas da amostra.

O caráter institucional da estatal faz com que possua maiores vantagens políticas por ser apoiada diretamente pelo governo federal, além de assumir menores riscos de mercado do que as empresas privadas (Wu et al., 2012), o que facilita a obtenção de subsídios governamentais para P&D. Ressalta-se ainda a responsabilidade social da estatal sobre determinados arcabouços estratégicos da economia, o que inclui diretamente os investimentos em matrizes energéticas renováveis e a sua diversificação.

No período analisado, a Eletrobras apresentou gastos totais com P&D no valor de R\$ 1,4 bilhão, sendo 3,4 vezes maior que a segunda colocada, que representou desembolso total de R\$ 429,2 milhões. De acordo com Wu, Yang e Tan (2020), em empresas estatais, o governo exerce maiores poderes para atingir objetivos econômicos devido à sua conexão política, o que inclui políticas de estímulos por meio de P&D para otimizar inovações e desenvolvimento sustentável. Destaca-se ainda o tamanho do ativo de R\$ 181,7 bilhões em 2020, superior à média amostral de R\$ 26,2 bilhões e 2,3 vezes maior que Enel, cujo ativo total é no valor de R\$ 80,1 bilhões.

No tocante aos investimentos em energia renovável, a Eletrobras estava investindo nos últimos anos valores abaixo do necessário para manter sua relevância no cenário energético nacional e aquém do seu próprio orçamento. Esse cenário é consequência do processo de reestruturação da companhia na busca por maior eficiência, corte de custos e redução do endividamento. Logo, entre 2017 e 2020 os investimentos em energia renovável totalizaram R\$ 2,3 bilhões, bem abaixo da primeira colocada, cujos investimentos da Engie no período totalizaram R\$ 11,0 bilhões.

O comportamento específico da Eletrobras perante a amostra faz recomendar que a companhia seja objeto de estudo isolado a fim de avaliar seu desempenho perante as pressões impostas pela sociedade por inovações e pelo maior uso tecnologias e fontes sustentáveis para analisar a contribuição da companhia no crescimento econômico sustentável do setor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve o objetivo geral de analisar se os gastos com P&D efetuados pelas empresas brasileiras geradoras de energia do setor elétrico influenciam no desenvolvimento econômico sustentável por meio de investimentos em matrizes energéticas renováveis. Buscou-se compreender como as empresas estão se adaptando às mudanças de mercado, sobretudo, na ótica do desenvolvimento econômico sustentável.

A partir dos resultados, compreende-se que os gastos em P&D desempenham papel importante na inovação e nas futuras perspectivas para a geração de energia por meio de matrizes energéticas renováveis. As fontes alternativas de energia dentro dos programas de P&D possuem inclusive a maior representatividade no recebimento de recursos, representando cerca de 33,8% do total aplicado. Ademais, o setor também evidencia preocupação com o meio ambiente, dado que os programas vinculados a temas ambientais ficam na segunda posição, com 11,1% de representatividade no recebimento de recursos. Conforme preconizado por Amaral et al. (2017), essa movimentação das companhias é fruto da união de esforços em P&D para lidar com a transição tecnológica e responder às pressões impostas pelo mercado rumo à matrizes mais renováveis e questões ambientais.

Com nível estatístico significativo, se rejeita a hipótese nula, e com isso, inferir que a promoção de investimentos em energia renovável está positivamente relacionada com os gastos em P&D. Este achado corrobora com estudos similares e torna mais evidente o papel fundamental que os desembolsos em P&D exercem para os investimentos em tecnologia renovável e inovadora, essenciais para o processo de inovação no setor elétrico e crescimento econômico sustentável de longo prazo (Garces & Daim, 2012; T. Wu et al., 2020).

Considerando ainda o efeito positivo entre o ROE e os investimentos em energia renovável, é importante enfatizar que empresas com melhores retornos sobre o capital investido, são mais encorajadas a aplicarem investimentos devido a disponibilidade de recursos. Apesar de haver literaturas divergentes devido aos ganhos limitados das companhias e suas responsabilidades com os requisitos de produção e operação (T. Wu et al., 2020; Yang et al., 2019), o crescimento econômico contribui de forma positiva com os investimentos (Koengkan et al., 2020).

Os achados relacionados à pandemia, apresentaram efeito negativo e significativo para os investimentos em energia renovável. Afirmar essa relação pode significar que as incertezas provenientes da pandemia na conjectura econômica causaram apreensão no setor, de modo que

investimentos significativos passassem a ser realizados com maior cautela (Hud & Hussinger, 2015). No que diz respeito ao portfólio de atuação das empresas (geração, transmissão e/ou distribuição), relação negativa com os investimentos renováveis é observada para as empresas voltadas totalmente para a geração de energia. Como o fluxo de caixa interno tende a estar relacionado com o tamanho do empreendimento e portfólio de atuação, as companhias com participação mais abrangente na cadeia do setor elétrico possuem maior facilidade na obtenção de recursos e consequentemente na tomada de decisão envolvendo investimentos (Yang et al., 2019)

No que concerne aos investimentos em energia renovável, as empresas apresentam ações voltadas na aquisição ou expansão de novos ativos, em detrimento de realizar modernização e melhorias dos seus ativos existentes, visto que as novas aquisições representaram 68,1% do total invertido. Esses achados fornecem sinais claros de que o setor enfrenta mudanças rumo a novas tecnologias sustentáveis por meio do processo de transição tecnológica, unindo esforços para atender o mercado norteados em maior demanda futura, crescimento econômico e sustentabilidade (Amaral et al., 2017; Del Bo, 2016).

Cabe destacar que os ativos relacionados à energia eólica, desde 2018 representam o principal investimento executado pelas companhias, e correspondem a 62,9% do total investido pelas geradoras referentes a novas aquisições. As usinas hidrelétricas, apesar de possuírem a segunda maior destinação de recursos, percebem a movimentação no setor elétrico de redução desses investimentos ao enxergarem na energia eólica mecanismo para diversificar suas matrizes energéticas.

Desse modo, os resultados apresentam que os gastos aplicados em P&D pelo setor elétrico em energias renováveis produzem efeitos positivos nos investimentos em energia renovável, assim como destacados pela literatura em outros contextos, como Garces e Daim (2012) nos EUA e Wu, Yang e Tan (2020) na China, endossando a visão de que a destinação de recursos para P&D é essencial para o processo de inovação do setor elétrico brasileiro.

Adicionalmente, o estudo difunde para as questões envolvendo P&D e os impactos ambientais na produção de energia estão cada vez mais pertinentes, de modo que pressões sociais e mercadológicas sobre a concepção de cadeias produtivas por meio da energia renovável vem ocorrendo com maior frequência. Logo, os gastos com P&D rumo à inovação é uma saída para que as companhias atendam a essa demanda de cadeia produtiva e a continuidade de programas dessa natureza. Nesse sentido, os recursos aplicados em P&D são

necessários por permitir adaptação do setor às possíveis mudanças de cenário e a compreensão pelas partes envolvidas para possíveis tomadas de decisões.

As implicações oriundas desta pesquisa permitem percepções complementares ao modo com as empresas do setor elétrico vêm se comportando perante às incertezas aos incentivos na promoção de inovações tecnológicas e na busca pela diversificação da matrizes energéticas (Sendstad & Chronopoulos, 2020). Os achados contribuem no protagonismo que deve ser enfatizado aos gastos em P&D e sua capacidade de desenvolver soluções e tecnologias que tornem possível a busca por matrizes energéticas mais renováveis por meio de investimentos concretos, norteados por políticas de crescimento e desenvolvimento econômico sustentável.

De forma prática, o presente estudo contribui com a obtenção de *insights* voltados a mecanismos de incentivos para investimentos em tecnologias renováveis por meio de sistemas de apoio aos formuladores de políticas de investimentos das empresas, de modo a facilitar a criação de respostas às oportunidades e inovações tecnológicas que o setor elétrico necessita.

Há contribuições também para a literatura sobre inovação e diversificação das matrizes energéticas (Garces & Daim, 2012; Kose et al., 2020; T. Wu et al., 2020), ao evidenciar que os gastos em P&D promovem efetivamente investimentos em energia renovável. Além disso, fornece novos *insights* sobre a fomentação de tecnologias renováveis que permitam a expansão da capacidade instalada e tornem as empresas mais competitivas em termos de custos, eficiência se comparado com os combustíveis fósseis, e na mitigação de riscos que possam ameaçar a viabilidade das companhias em alcançar as metas estabelecidas em suas políticas internas de investimentos (Sendstad & Chronopoulos, 2020).

Existem algumas limitações neste estudo que oferecem possíveis oportunidades de pesquisas futuras. A primeira limitação refere-se à amostra, cujos resultados não podem ser generalizados, visto que se tratou apenas das empresas geradoras de energia do setor elétrico. Logo, é importante frisar que pesquisa foca apenas na geração de energia e nos investimentos voltados para a aquisição ou expansão de matrizes energéticas renováveis, por entender que ativos de transmissão e distribuição não estão diretamente atrelados no processo de transformação estrutural do setor rumo ao desenvolvimento econômico sustentável e diversificação das matrizes energéticas renováveis (Sarkodie et al., 2020; Sendstad & Chronopoulos, 2020; Souza, 2020). Além disso, alguns dados da pesquisa são divulgados de forma voluntária, estando à mercê de vieses oriundos dos incentivos para divulgarem ou não as informações

Deste modo, pesquisas futuras podem ampliar a amostra para outros setores da economia e inclusive outras esferas do setor elétrico, como transmissão e distribuição, a fim de avaliar os gastos com P&D e adequação do setor com o crescimento do consumo energético e a sobrevivência em mercados cada vez mais competitivos (Abban & Hasan, 2021). Outra ótica pertinente para estudos futuros diz respeito à Eletrobras, que devido às suas características e/ou particularidades em relação às demais observações, é candidata a ser objeto de estudo de pesquisas a fim de aprofundar a investigação de como as estratégias das empresas são afetadas por fatores tecnológicos e incerteza política.

## REFERÊNCIAS

- Abban, A. R., & Hasan, M. Z. (2021). Revisiting the determinants of renewable energy investment - New evidence from political and government ideology. *Energy Policy*, *151*, 112184. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112184>
- Amaral, G., Marx, R., & Salerno, M. (2017). Investigating work organization for innovation and technological transition in the Brazilian power sector. *Gestão & Produção*, *24*(2), 236–247. <https://doi.org/10.1590/0104-530x2260-15>
- Amorim, J. Q., Sales, G. A. W., & Grecco, M. C. P. (2022). Covid-19 e os impactos nas políticas de financiamento e investimento. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, *23*(2), 1–27. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eramf220225.pt>
- Andreassi, T., & Sbragia, R. (2002). Relações entre indicadores de P & D e de resultado empresarial. *Revista de Administração*, *37*(1), 72–84.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. (2012). *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. Recuperado em 16 fevereiro, 2021, <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14943930/Manual+P%26D+2012/eaef69f8-5331-43f8-b3ef-fab1c2775ed1>
- Ansari, M. A., Haider, S., & Masood, T. (2021). Do renewable energy and globalization enhance ecological footprint: an analysis of top renewable energy countries? *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(6), 6719–6732. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10786-0>
- Arrow, K. J. (1971). The Economic Implications of Learning by Doing. In *Readings in the Theory of Growth* (pp. 131–149). Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-15430-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-349-15430-2_11)
- Bacellar, R. R., & Gonçalves, O. O. (2021). Regulação do setor elétrico: entre monopólios e liberdade de contratação. *Revista de Direito Brasileira*, *29*(11), 342–357.
- Bellini, D., Oliveira, E. C. D., Lagioia, U. C. T., Silva, A. C. B. da, & Melo, J. L. (2017). Energia eólica: desenvolvimento de geração de energia sustentável. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, *8*(2), 205–223. <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0017>
- Bin, A., Vélez, M. I., Ferro, A. F. P., Salles-Filho, S. L. M., Mattos, C., Bin, A., Vélez, M. I., Ferro, A. F. P., Salles-Filho, S. L. M., & Mattos, C. (2015). Da P&D à inovação: desafios

- para o setor elétrico brasileiro. *Gestão & Produção*, 22(3), 552–564. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1294-14>
- Boff, S. O., & Boff, V. A. (2017). Inovação tecnológica em energias renováveis no Brasil como imperativo da solidariedade intergeracional. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 8(2), 282. <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v8i2.16442>
- Bondarik, R., Alberto Pilatti, L., José Horst, D., & Alberto Pilatti Diogo José Horst, L. (2018). Uma Visão Geral Sobre O Potencial De Geração De Energias Renováveis No Brasil. *Revista Interciência E Sociedade*, 43(10). [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43\\_10.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43_10.pdf)
- Brittes, J. L. P., Salles-Filho, S. L. M., & Pfitzner, M. S. (2015). Avaliação do risco regulatório em pesquisa & desenvolvimento no setor elétrico brasileiro. *Revista de Administração Contemporânea*, 19(2), 193–211. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac20151171>
- Bronzatti, F. L., & Iarozinski Neto, A. (2010). MATRIZES ENERGÉTICAS NO BRASIL : CENÁRIO 2010-2030. *28 Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 13–16.
- Chen, J., Heng, C. S., Tan, B. C. Y., & Lin, Z. (2018). The distinct signaling effects of R&D subsidy and non-R&D subsidy on IPO performance of IT entrepreneurial firms in China. *Research Policy*, 47(1), 108–120. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.10.004>
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208–216. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2018.07.047>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Psychology Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 99(397), 569–596.
- Colombo, M. G., Croce, A., & Guerini, M. (2013). The effect of public subsidies on firms' investment–cash flow sensitivity: Transient or persistent? *Research Policy*, 42(9), 1605–1623. <https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2013.07.003>
- Cuervo, F. I. (2016). Valoración de fuentes renovables no convencionales de generación de electricidad: un enfoque desde las opciones reales. *Cuadernos de Administración*, 28(51), 45–64. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao28-51.vfrc>
- Del Bo, C. F. (2016). The rate of return to investment in R&D: The case of research infrastructures. *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.02.018>

- Dupont, F. H., Grassi, F., & Romitti, L. (2015). Energias Renováveis : buscando por uma matriz energética sustentável Renewable Energies : seeking for a sustainable energy matrix. *Revista Eletrônica Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19, 70–81.
- Egli, F. (2020). Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers. *Energy Policy*, 140, 111428. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111428>
- Empresa de Pesquisa Energética (2022). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2031*. Recuperado em 14 julho, 2022, de <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>
- Empresa de Pesquisa Energética (2019). *Relatório de apoio ao Workshop de Lastro e Energia*. Recuperado em 14 julho, 2022, de [http://antigo.mme.gov.br/documents/36070/525783/Relat\\_rio\\_Workshop\\_Lastro\\_e\\_Energia.pdf/e1bb224b-2741-4fbb-dea2-ddeb1cfe705c](http://antigo.mme.gov.br/documents/36070/525783/Relat_rio_Workshop_Lastro_e_Energia.pdf/e1bb224b-2741-4fbb-dea2-ddeb1cfe705c)
- Fávero, L. P., Belfiore, P., Silva, F. D., & Chan, B. L. (2009). *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier
- Frascati, O. M. (2007). Proposta de práticas exemplares para inquéritos sobre investigação e desenvolvimento experimental 2002. *Coimbra: OCDE*.
- Garces, E., & Daim, T. U. (2012). Impact of Renewable Energy Technology on the Economic Growth of the USA. *Journal of the Knowledge Economy*, 3(3), 233–249. <https://doi.org/10.1007/s13132-010-0032-5>
- Gil, A. C. (2002). Como classificar as pesquisas. *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4(1), 44–45.
- Goldemberg, J., & Lucon, O. (2008). Energia, meio ambiente e desenvolvimento.
- Grace Saculsan, P., & Kanamura, T. (2020). Examining risk and return profiles of renewable energy investment in developing countries: the case of the Philippines. *Green Finance*, 2(2), 135–150. <https://doi.org/10.3934/gf.2020008>
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. (5a ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Gualter, Marianna (2021). Como o investimento em novas fontes de energia pode ajudar a evitar cenários como a atual crise hídrica. *Época Negócios*. Recuperado em 12 dezembro, 2022, de <https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2021/06/como-o-investimento-em-novas-fontes-de-energia-pode-ajudar-evitar-cenarios-como-atual-crise-hidrica.html>
- Hache, E., & Palle, A. (2019). Renewable energy source integration into power networks, research trends and policy implications: A bibliometric and research actors survey

- analysis. *Energy Policy*, 124, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.036>
- Hashemizadeh, A., Ju, Y., Bamakan, S. M. H., & Le, H. P. (2021). Renewable energy investment risk assessment in belt and road initiative countries under uncertainty conditions. *Energy*, 214, 118–923. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118923>
- He, L., Zhang, L., Zhong, Z., Wang, D., & Wang, F. (2019). Green credit, renewable energy investment and green economy development: Empirical analysis based on 150 listed companies of China. *Journal of Cleaner Production*, 208, 363–372. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.119>
- Henri, J. F. (2004). Performance measurement and organizational effectiveness: Bridging the gap. *Managerial finance*. 30(6), 93-123.
- Hoffmann, R. (2016). *Análise de regressão: uma introdução à econometria*.
- Hud, M., & Hussinger, K. (2015). The impact of R&D subsidies during the crisis. *Research Policy*, 44(10), 1844–1855. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.003>
- Ishiguro, Y. (2002). *A energia nuclear para o Brasil*. Makron Books.
- Iudícibus, S. D. (2008). *Análise de balanços*. São Paulo: Atlas.
- Koengkan, M., Poveda, Y. E., & Fuinhas, J. A. (2020). Globalisation as a motor of renewable energy development in Latin America countries. *GeoJournal*, 85(6), 1591–1602. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10042-0>
- Kose, N., Bekun, F. V., & Alola, A. A. (2020). Criticality of sustainable research and development-led growth in EU: the role of renewable and non-renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 12683–12691. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07860-y>
- Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. (2000). Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 16 fevereiro, 2021, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19991.htm#:~:text=LEI%20No%209.991%20C%20DE%2024%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20realiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20investimentos,e%C3%A9%20a%20%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm#:~:text=LEI%20No%209.991%20C%20DE%2024%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20realiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20investimentos,e%C3%A9%20a%20%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias)
- Lei nº 13.203, de 08 de dezembro de 2015. (2015). Dispõe sobre a repactuação do risco hidrológico de geração de energia elétrica; institui a bonificação pela outorga; e altera as Leis nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de energia

elétrica, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, 9.478, de 6 de agosto de 1997, que institui o Conselho Nacional de Política Energética, 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, e 11.488, de 15 de junho de 2007, que equipara a autoprodutor o consumidor que atenda a requisitos que especifica. Brasília, DF. Recuperado em 04 setembro, 2022, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113203.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113203.htm)

- Lima, A., Correia, E. E., & Ching, H. Y. (2020). Práticas da Contabilidade Gerencial, Qualidade e Desempenho no Contexto de um Monopólio Natural. *Revista de Educação e Pesquisa Em Contabilidade (REPeC)*, 14(2), 257–278. <https://doi.org/10.17524/repec.v14i2.2461>
- Lima, C., Mello, K., & Teixeira, L. (2019). Quais são os prós e contras do modelo energético no Brasil. *Forbes*. Recuperado em 16 fevereiro, 2021, de <https://forbes.com.br/principal/2019/07/quais-sao-os-pros-e-contras-do-modelo-energetico-do-brasil/>.
- Loch, M., Silva, J. C., Bueno, G., & Marcon, R. (2020). O Governo como Acionista e o Conflito Principal-Principal no Setor Elétrico Brasileiro. *Brazilian Business Review*, 17(1), 24–45. <https://doi.org/10.15728/BBR.2020.17.1.2>
- Lopes, M. C., & Taques, F. H. (2016). O Desafio Da Energia Sustentável No Brasil. *Revista Cadernos de Economia*, 20(36), 71–96.
- Macedo, M. A. da S., & Corrar, L. J. (2012). Análise Comparativa Do Desempenho Contábil-Financeiro De Empresas Com Boas Práticas De Governança Corporativa No Brasil. *Revista Contabilidade e Controladoria*, 4(1), 42–61.
- Mantovani, P. R. A., Neumann, P. N., Edler, M. A. R., Renata Albrecht, P., Nicole, P., & Antonio Ribeiro, M. (2016). Matriz Energética Brasileira: Em Busca De Uma Nova Alternativa. *Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 4(1), 303–314.
- Meuleman, M., & Maeseneire, W. (2012). Do R&D subsidies affect SMEs' access to external financing? *Research Policy*, 41(3), 580–591. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.01.001>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Raven, R. P. J. M., Jolivet, E., Mourik, R. M., & Feenstra, Y. C. F. J. (2009). ESTEEM:

- Managing societal acceptance in new energy projects: A toolbox method for project managers. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(7), 963–977. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2009.02.005>
- Ribeiro, W. de O. (2018). *Investimentos em P&D e o desempenho de distribuidoras de energia elétrica no Brasil*. Universidade de São Paulo.
- Richardson, R. J., Peres, J. A., Wanderley, J. C. V., Correia, L. M., & Peres, M. D. H. D. M. (1985). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: atlas.
- Roser, M. (2020). Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth? *Our World in Data*. Recuperado em 16 fevereiro, 2021, de <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth?s=03>
- Salgado Junior, A. P., Pimentel, L. A. dos S., Oliveira, M. M. B., & Novi, J. C. (2017). O impacto nas variações das matrizes energéticas e uso da terra: estudo sobre a eficiência ambiental do G2. *Revista Eletrônica de Administração*, 23(2), 306–332.
- Salotti, B. M., & Yamamoto, M. M. (2008). Divulgação voluntária da demonstração dos fluxos de caixa no mercado de capitais brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças*, 19, 37-49.
- Santos, G. R. dos. (2014). *Infraestrutura de pesquisa em energias renováveis no Brasil*. [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3949/1/Radar\\_n35\\_infraestrutura.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3949/1/Radar_n35_infraestrutura.pdf)
- Sarkodie, S. A., Adams, S., & Leirvik, T. (2020). Foreign direct investment and renewable energy in climate change mitigation: Does governance matter? *Journal of Cleaner Production*, 263, 121–262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121262>
- Sataloff, R. T., Johns, M. M., & Kost, K. M. (2020). Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica. *Journal Volume & Issue*, 14(2), 369–385.
- Sendstad, L. H., & Chronopoulos, M. (2020). Sequential investment in renewable energy technologies under policy uncertainty. *Energy Policy*, 137, 111152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111152>
- Silva, R. C. Da, Marchi Neto, I., & Seifert, S. S. (2016). Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 59, pp. 328–341). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.001>
- Sim, J. (2018). The economic and environmental values of the R&D investment in a renewable energy sector in South Korea. *Journal of Cleaner Production*, 189, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.074>
- Sim, J., & Kim, C. S. (2019). The value of renewable energy research and development investments with default consideration. *Renewable Energy*, 143, 530–539.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.140>

- Soares, P. M., Rocha, A. M., Silva, M. S., Lopes, J. M., Silva, M. V. D. de C., Hocevar, L. S., & Borges, D. B. (2020). Setor elétrico brasileiro: avaliação da evolução dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (2008-2018). *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 35094–35112. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-158>
- Souza, L. C. (2020). Energia e sustentabilidade humana: impacto das metas do ODS 7 no Brasil. *Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo*, 6(1), 58–79.
- Tortoli, J. P., Figari, A. K. P., Ambrozini, M. A., & Moraes, M. B. C. (2020). R&D Expenses and the Expectation of Value Generation in Brazilian Firms. *BASE-Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, 17(1), 152-176.
- Valor econômico (2021). *Ameaça de apagão expõe falta de diversificação da matriz elétrica no Brasil*. Recuperado em 16 setembro, 2021, de <https://valor.globo.com/patrocinado/projeto-especial-esg/noticia/2021/08/30/ameaca-de-apagao-expoe-falta-de-diversificacao-da-matriz-eletrica-no-brasil.ghtml>
- Wang, Z., Bui, Q., Zhang, B., & Pham, T. L. H. (2020). Biomass energy production and its impacts on the ecological footprint: An investigation of the G7 countries. *Science of The Total Environment*, 743, 140741. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.140741>
- Wu, T., Yang, S., & Tan, J. (2020). Impacts of government R&D subsidies on venture capital and renewable energy investment -- an empirical study in China. *Resources Policy*, 68, 101715. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101715>
- Xie, F., Liu, Y., Guan, F., & Wang, N. (2020). How to coordinate the relationship between renewable energy consumption and green economic development: from the perspective of technological advancement. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00350-5>
- Yang, X., He, L., Xia, Y., & Chen, Y. (2019). Effect of government subsidies on renewable energy investments: The threshold effect. *Energy Policy*, 132, 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.039>
- Zhang, M. M., Zhou, D. Q., Zhou, P., & Liu, G. Q. (2016). Optimal feed-in tariff for solar photovoltaic power generation in China: A real options analysis. *Energy Policy*, 97, 181–192. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2016.07.028>