

A Cláusula de PD&I da ANP como Catalisadora da Transição Energética no Brasil: Análise Empírica dos Projetos Financiados

LOPES, Maria Aparecida de Oliveira¹; DE ALMEIDA, Taísa Caetano Sousa Melo²; QUEIROZ, Luciara Farias³; DA COSTA, Bruno Barzellay Ferreira⁴.

mariahlopez1345@gmail.com¹; taisacaetano01@gmail.com²; luciaraque@gmail.com³;

bruno.barzellay@macae.ufjf.br⁴.

¹Mestranda em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF, Macaé-RJ.

²Mestranda em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF, Macaé-RJ.

³Mestranda em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF, Macaé-RJ.

⁴D.Sc. em Engenharia Civil, Instituto Politécnico, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Macaé –RJ.

Informações do Artigo

Palavras-chave: (3)
Transição Energética
Cláusula de PD&I
ANP

Resumo:

Este estudo analisa o papel da cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Agência Nacional do Petróleo (ANP) na promoção da transição energética no Brasil. A pesquisa se concentra em como os projetos financiados por meio desta cláusula contribuem para o desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis, promovendo a redução de emissões de gases de efeito estufa e o avanço de soluções inovadoras. Foram identificadas as principais áreas de pesquisa e desenvolvimento, com destaque para energias renováveis, eficiência energética, captura de carbono e redes inteligentes. A análise dos dados revelou uma evolução positiva nos investimentos ao longo do tempo, porém, desafios persistem, especialmente em termos de descentralização dos recursos e clareza regulatória. Comparações com outros países indicam que o Brasil tem potencial para se destacar globalmente na inovação energética, mas é necessário fortalecer os incentivos e simplificar o ambiente regulatório. O estudo sugere que políticas públicas alinhadas às metas de descarbonização e segurança energética são cruciais para garantir uma transição justa e sustentável, com benefícios socioeconômicos amplos e regionais.

1. Introdução

A transição energética, um processo global de substituição de fontes de energia fósseis por fontes renováveis e limpas, representa um dos maiores desafios e oportunidades do século XXI. No Brasil, esse processo ganha ainda mais relevância, considerando que, segundo o último Balanço Energético Nacional [1], as fontes renováveis já representam 49,1% da matriz

energética brasileira e com tendência de crescimento.

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais estimulam a busca por soluções energéticas mais sustentáveis [2]. No Brasil, esse processo é impulsionado por diversas políticas públicas e iniciativas, incluindo a cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Agência Nacional do Petróleo (ANP), que visa

incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias no setor energético [3].

Neste contexto, a ANP implementou a cláusula de PD&I, que obriga as empresas do setor a investir uma parcela de sua receita em atividades de pesquisa e desenvolvimento [4]. O objetivo deste estudo é analisar o papel dessa cláusula na promoção da transição energética no Brasil, investigando como os projetos financiados pela ANP contribuem para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções mais sustentáveis para o setor energético.

A escolha deste tema justifica-se pela relevância da transição energética para o futuro do país e pela importância da cláusula de PD&I como instrumento compulsório de política pública para estimular a inovação e o desenvolvimento tecnológico no setor de petróleo e gás. Ao analisar os projetos financiados pela ANP, busca-se identificar as principais áreas de investimento, os desafios enfrentados e as oportunidades para acelerar a transição energética no Brasil.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na próxima seção, apresentaremos uma revisão da literatura sobre transição energética, cláusula de PD&I e projetos de pesquisa e desenvolvimento no setor energético. Em seguida, detalharemos a metodologia utilizada para a coleta e análise dos dados. Na sequência, apresentaremos os resultados da pesquisa, discutindo os principais achados. Por fim, serão apresentadas as conclusões do estudo, destacando as contribuições da pesquisa e as recomendações para futuras pesquisas.

2. Revisão de literatura: a cláusula de PD&I da ANP e a transição energética no Brasil

A revisão da literatura revela um crescente interesse na relação entre a cláusula de PD&I da ANP e a transição energética no Brasil. Estudos anteriores abordam a importância da inovação para o setor de petróleo e gás, a evolução da cláusula de PD&I e seu papel na promoção de novas tecnologias.

2.1 Transição energética

A transição energética é um tema central nas discussões sobre o futuro da energia. Autores como Yergin [5] e Smil [6] destacam a necessidade urgente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a dependência de combustíveis fósseis. A transição para um modelo energético mais sustentável envolve a diversificação da matriz energética, com maior participação de fontes renováveis, e o desenvolvimento de tecnologias limpas [7].

Nesse contexto trata-se de um processo complexo e multifacetado, envolvendo mais do que apenas a substituição de fontes de energia fóssil por renováveis. Rodrigues e Santos [8] argumentam que esse processo exige uma reestruturação profunda das políticas públicas e do mercado energético, abordando desafios relacionados à segurança energética, investimentos em inovação e inclusão social e regional.

Silva e Souza [9] complementam essa análise, destacando que a transição energética também depende do desenvolvimento de novas tecnologias estratégicas, como a proteção verde e a Captura e Armazenamento de Carbono (CCS). Essas inovações são essenciais para mitigar emissões de gases de efeito estufa, particularmente em setores de difícil descarbonização, como a indústria pesada e o transporte. Os autores observam que o Brasil, com sua vasta disponibilidade de recursos naturais, tem potencial para se destacar como líder global em uma economia de baixo carbono, a partir de que aproveite essas tecnologias emergentes e desenvolva políticas integradas que promovam a sustentabilidade e o crescimento econômico simultaneamente.

Por fim Mazzucato [10] defende que uma intervenção pública estratégica desempenha um papel central e destaca que muitos avanços tecnológicos, especialmente na área de energias renováveis, só são possíveis com uma atuação estatal ativa e direcionada. A cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da ANP é um exemplo relevante dessa abordagem, ao promover a inovação tanto no setor de petróleo e gás quanto em áreas como CCS e o hidrogênio verde. Esse mecanismo não

apenas estimula novas soluções tecnológicas, mas também cria um ambiente de colaboração entre empresas, governo e centros de pesquisa, essencial para acelerar a transição energética.

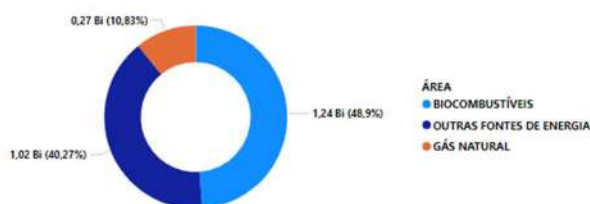
2.2 Cláusula de PD&I da ANP

A cláusula de PD&I da ANP, instituída em 1998, exige que as empresas do setor de petróleo e gás invistam 1% da receita bruta anual em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação [11]. Essa cláusula tem como objetivo promover a adoção de novas tecnologias e melhorar a sustentabilidade do setor [12], e representa um marco importante para o desenvolvimento tecnológico do setor de petróleo e gás no Brasil. Desta forma a obrigação de investir em pesquisa e desenvolvimento tem estimulado a criação de novos produtos e processos, além de fortalecer a interação entre empresas, universidades e centros de pesquisa [13].

2.3 Projetos de PD&I e transição energética

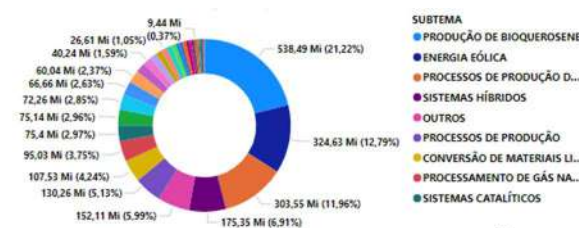
Embora a pesquisa sobre os projetos de PD&I financiados pela ANP ainda seja incipiente, estudos preliminares indicam um crescente alinhamento com os objetivos da transição energética. Essa tendência foi impulsionada por diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que, em 2021, por meio da Resolução nº 2/2021, orientou a ANP a priorizar investimentos em PD&I nessa área. A consolidação dessa orientação na Resolução nº 918/2023 da ANP proporcionou maior segurança jurídica para as empresas, estimulando o investimento em projetos inovadores, como aqueles relacionados à eficiência energética, captura de carbono e biocombustíveis [14]. Esta priorização é observada nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Investimentos por área de Transição Energética



Fonte: Criação do autor dados ANP

Figura 2 - Investimentos por subtema de Transição Energética



Fonte: Criação do autor dados ANP

2.4 Lacunas de conhecimento

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas de conhecimento a serem exploradas. É necessário aprofundar a análise dos impactos dos projetos financiados pela cláusula de PD&I na transição energética, avaliando sua contribuição para a redução de emissões, o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de empregos. Além disso, é importante investigar a relação entre a cláusula de PD&I e outras políticas públicas voltadas para a transição energética.

2.5 Objetivos específicos da revisão

A partir desta revisão da literatura, os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Analisar a evolução dos investimentos em PD&I no setor de petróleo e gás no Brasil, com foco nos projetos financiados pela ANP.
- Identificar as principais áreas de pesquisa e desenvolvimento financiadas pela cláusula de PD&I e sua relação com a transição energética.
- Avaliar o impacto dos projetos financiados na redução de emissões de gases de efeito estufa e na promoção de tecnologias limpas.
- Discutir as implicações dos resultados para a formulação de políticas públicas voltadas para a transição energética.

3. Metodologia

A presente pesquisa é classificada como exploratória quanto a sua natureza, considerando que o tema escolhido é pouco explorado na literatura, com isso, a necessidade

de aprofundar o conhecimento na área. Dessa forma, para o desenvolvimento desta pesquisa foi inicialmente realizada uma revisão de literatura que teve como objetivo, analisar a evolução dos investimentos em PD&I no setor de petróleo e gás brasileiro, com foco em projetos relacionados à transição energética.

Em um segundo estágio da pesquisa em 26 de setembro de 2024 através dos dados abertos disponibilizados pela ANP [15] foram obtidas as seguintes planilhas: (1) Obrigação de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (PDI) por empresa petrolífera – até 2023 (atualizada em 05/07/2023); (2) Unidades de Pesquisa Credenciadas (PD&I) (atualizado em 17/05/2023); (3) RT 3 – 2015 – projetos iniciados até 31/07/2024 (atualizada em 09/08/2024) e; (4) RT 5 -2005, cujo objetivo é extrair uma base de dados dos projetos iniciados por área, tema e subtema, que são executados através da cláusula compulsória de PD&I sobre Transição energética, temáticas e as tecnologias mais relevantes para o setor.

3.1 Os procedimentos adotados

Inicialmente com relação à planilha (1) os dados foram coletados diretamente do portal da ANP em 26 de setembro de 2024, realizados filtros para identificação das empresas que mais contribuíram por ano, por campo de produção e o somatório acumulado de todos os anos no período de 1998 a 2024.

Referente à planilha (2), foram realizados filtros objetivando a identificação dos principais centros de pesquisa e desenvolvimento no setor que mais contribuíram nos projetos de transição Energética.

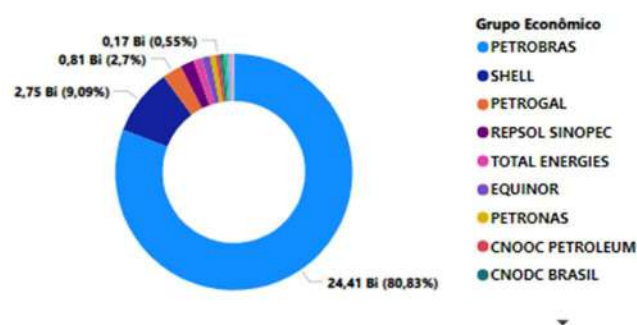
Com relação à planilha (3) obteve-se um total de 4.230 projetos para tratamento dos dados. A adoção da metodologia foi a leitura do título e do objetivo de cada um dos projetos, bem como filtros por (área, tema e subtema), cujo objetivo era identificar se o projeto tinha ou não ligação com a transição energética. Obtendo como resultado 389 projetos ligados a diversas áreas da Transição energética. Apêndice A.

Os projetos de PD&I foram analisados qualitativamente para identificar as principais temáticas e tecnologias abordadas. Após essa análise os dados obtidos foram cruzados e comparados no *software Power BI* para elaboração dos *dashboard*, objetivando gerar uma melhor compreensão visual dos fenômenos estudados.

4. Resultados

Desde a implementação da cláusula de P&DI em 1998 até o segundo trimestre de 2024, observou-se uma crescente tendência nos investimentos em PD&I no setor de petróleo e gás brasileiro no período analisado. Foi acumulado um valor total de obrigação de investimento de aproximadamente R\$ 32 bilhões. Esse resultado demonstra que o grupo econômico Petrobras foi responsável por quase R\$ 25 bilhões e as outros grupos de empresas petrolíferas por aproximadamente R\$7 bilhões (Figura 3).

Figura 3 – Valor da obrigação por grupo econômico



Fonte: Elaborado pelo autor com dados ANP (2023)

Uma forma de observar o valor acumulado da cláusula ao longo de seus 25 anos e no Apêndice B, cujo resultado, mostra o volume dos recursos provenientes da cláusula de P&DI ao longo dos anos até o segundo trimestre de 2024. É importante salientar que no ano de 2022, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) atingiu a marca de R\$ 4,4 bilhões em recursos para projetos, principalmente devido ao aumento da produção no pré-sal.

4.1 Quanto às características dos projetos

No período de 2017 a 2023, foram financiados 389 projetos de PD&I no campo das energias renováveis e alternativas no Brasil. O valor total investido nesses projetos ultrapassa R\$ 2,5 bilhões, que representa 8,58% de todos os projetos financiados pela cláusula com uma distribuição significativa entre diferentes áreas temáticas. As principais fontes de financiamento foram empresas como Petrobras que ocupa o primeiro lugar [1,21Mil-47,49%], em seguida a Shell [609,75-24,03%], Petrogal [253,65-10%] e as outras grandes companhias do setor de petróleo e energia. O maior número de projetos financiados está relacionado às áreas de energia solar fotovoltaica, hidrogênio e sistemas híbridos. Os valores investidos variam desde R\$ 1 milhão, em projetos menores, até mais de R\$ 42 milhões em iniciativas de maior escala, como o desenvolvimento de tecnologias de produção de hidrogênio (Apêndice C).

Instituições acadêmicas de destaque como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade de São Paulo (USP), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Universidade Federal da Bahia (UFPA), foram as principais beneficiadas, conduzindo a maior parte dos projetos de PD&I, em parceria com empresas do setor energético. A UFRJ, por exemplo, lidera com um projeto de energia solar fotovoltaica no valor de R\$ 12.471.692,07, enquanto a Shell investiu mais de R\$ 42 milhões em projetos relacionados ao desenvolvimento de tecnologias de hidrogênio.

4.2 Análise temática

A análise das áreas temáticas revela uma predominância de investimentos em energias renováveis e tecnologias emergentes, com destaque para a energia solar fotovoltaica, que atraiu um grande volume de recursos. A segunda área de maior interesse foi o hidrogênio, tanto em termos de produção quanto de armazenamento, refletindo a aposta em sua viabilidade como fonte energética limpa no futuro. Além disso, sistemas híbridos que combinam diferentes fontes de energia também receberam atenção significativa,

particularmente em iniciativas que buscam melhorar a eficiência das redes elétricas (Apêndice D).

Por outro lado, áreas como exploração e produção de petróleo e tecnologias de refino também mantiveram sua relevância, com investimentos concentrados em novas tecnologias para otimizar processos industriais e reduzir emissões de carbono nas atividades de refino e produção. No entanto, o volume de investimentos nessas áreas temáticas foi menor em comparação com as tecnologias de energias renováveis.

4.3 Análise temporal

A evolução dos investimentos ao longo dos seis anos analisados apresenta um crescimento consistente em áreas de energia renovável, com um pico em 2020, quando foram financiados projetos de maior envergadura em energia solar e hidrogênio. O ano de 2020 destaca-se pelo aumento significativo de investimentos, principalmente pela execução de grandes projetos de energia solar, como o da UFRJ, que recebeu mais de R\$ 12 milhões. No entanto, em 2021 e 2022, observou-se uma diversificação nos tipos de energia financiados, com o surgimento de iniciativas de hidrogênio e sistemas híbridos.

Os dados também mostram que, a partir de 2021, houve uma expansão nos investimentos em tecnologias para armazenamento de energia e redes inteligentes, refletindo uma preocupação crescente com a segurança energética e a eficiência no uso de recursos. A expectativa é de que os investimentos nessas áreas continuem crescendo nos próximos anos, acompanhando as tendências globais de transição energética.

4.4 Análise geográfica

A distribuição geográfica dos projetos revela uma concentração de investimentos nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil, que foram as mais beneficiadas por iniciativas de PD&I. O Sudeste, liderado pelos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, abrigou a maior parte dos projetos de alta envergadura, particularmente aqueles desenvolvidos por universidades de prestígio, como a UFRJ e a UNICAMP. O

Nordeste, por sua vez, destacou-se em projetos de energia solar, aproveitando seu potencial natural para o desenvolvimento dessa tecnologia.

Além disso, algumas regiões do Norte e Centro-Oeste também receberam investimentos em áreas como biocombustíveis e tecnologias voltadas para o uso sustentável de recursos naturais. No entanto, essas regiões ainda apresentam uma menor concentração de projetos em comparação ao Sudeste e Nordeste, o que reflete a centralização de recursos em centros urbanos mais desenvolvidos e com maior infraestrutura acadêmica e industrial. Aqui podemos destacar alguns projetos com uso da cláusula compulsória de PD&I:

AMAZÔNIA AZUL - Sob a direção do Centro de Pesquisa da Marinha do Brasil, os recursos apoiam iniciativas que envolvem pesquisa e monitoramento da biodiversidade e dos recursos marinhos na região da Amazônia Azul, área marítima brasileira.

ACELERADOR DE PARTÍCULAS (SIRIUS) - O projeto é um acelerador de partículas de última geração, desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), que permite a análise de materiais em nível atômico e molecular, impulsionando a pesquisa científica e tecnológica em diversas áreas.

SEPARADOR DE CO₂ NO FUNDO DO OCEANO (HISEP) - Desenvolvida pela Petrobras, a tecnologia de separação em alta pressão (HISEP) é uma solução que permite que o gás que sai do reservatório seja separado e reinjetado a partir de um sistema localizado no leito marítimo. Com essa tecnologia, a produção do campo é ampliada, além de permitir uma menor emissão de gases de efeito estufa para cada barril de óleo produzido e menores custos de produção.

SUPERCOMPUTADORES (CS21) - Os supercomputadores de alta performance têm permitido a realização de simulações computacionais avançadas, contribuindo para o desenvolvimento de modelos mais precisos na área de O&G e em outras áreas de pesquisa. Destacamos o supercomputador do Centro de

Supercomputação para Inovação Industrial do SENAI CIMATEC (CS21), em Salvador - Bahia.

5. Discussão

Os dados analisados indicam que a cláusula de PD&I desempenha papel central na promoção da transição energética no Brasil. A predominância de projetos financiados em áreas como energia solar fotovoltaica, hidrogênio e sistemas híbridos demonstra um foco crescente no desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis. Esses investimentos são fundamentais para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética nacional, que, historicamente, é altamente dependente de combustíveis fósseis, como o petróleo.

Ao financiar projetos voltados para energias renováveis, a cláusula de PD&I contribui diretamente para o avanço das metas climáticas do Brasil e para o cumprimento de compromissos internacionais, como o Acordo de Paris. Projetos como o de energia solar na UFRJ e os desenvolvimentos em hidrogênio pela Shell ilustram o potencial transformador dessas iniciativas para a descarbonização do setor energético. Assim, a cláusula não apenas estimula a inovação tecnológica, mas também impulsiona a criação de uma infraestrutura energética mais sustentável e resiliente.

5.1 Desafios e oportunidades

Apesar dos avanços observados, a implementação da cláusula de PD&I enfrenta alguns desafios. Um dos principais obstáculos é a distribuição desigual dos recursos entre as regiões brasileiras, com forte concentração de projetos nas regiões Sudeste e Nordeste. Essa concentração limita o potencial de desenvolvimento de outras regiões, como o Norte e o Centro-Oeste, que possuem grande potencial para energias renováveis, como biomassa e energia eólica, mas ainda carecem de infraestrutura adequada para a execução de projetos de PD&I.

Outro desafio reside na burocracia e nos processos regulatórios, que por vezes dificultam a implementação ágil dos projetos. Há uma necessidade de maior clareza e

simplificação das regulamentações para permitir que um maior número de empresas, inclusive pequenas e médias, tenha acesso aos benefícios da cláusula. Isso também abre espaço para o fortalecimento de parcerias público-privadas, o que pode aumentar o volume de investimentos em tecnologias estratégicas, como a produção de hidrogênio verde e soluções de armazenamento de energia, áreas com potencial de liderança global para o Brasil.

Por outro lado, a cláusula de PD&I também apresenta oportunidades significativas para o futuro da transição energética no Brasil. O foco crescente em tecnologias de armazenamento de energia e redes inteligentes oferece um caminho promissor para enfrentar os desafios relacionados à intermitência das fontes renováveis, como a solar e a eólica. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias para produção e armazenamento de hidrogênio posiciona o Brasil como um potencial líder global nesse campo emergente, criando novas oportunidades de exportação e cooperação internacional.

Em comparação, o Brasil ainda tem um potencial considerável a ser explorado no que tange à diversificação de fontes energéticas e à integração de novas tecnologias. Enquanto a cláusula de PD&I tem sido eficaz em direcionar recursos para áreas estratégicas, como a energia solar, o Brasil pode ampliar seu escopo de inovação, aprendendo com os exemplos internacionais. A diversificação de incentivos e a ampliação de parcerias público-privadas também podem acelerar esse processo.

5.2 Implicações para políticas públicas

Os resultados da pesquisa oferecem importantes sugestões para a formulação de políticas públicas voltadas para a transição energética. Em primeiro lugar, é evidente a necessidade de um planejamento mais equilibrado em termos de distribuição geográfica dos recursos. Políticas que incentivem o desenvolvimento de projetos de PD&I em regiões menos beneficiadas, como o Norte e Centro-Oeste, podem ajudar a descentralizar o desenvolvimento tecnológico e

criar novas oportunidades econômicas nessas áreas.

Além disso, as políticas de incentivo fiscal e de financiamento direto às empresas que investem em tecnologias de energias limpas devem ser aprimoradas para aumentar o volume de investimentos privados. Uma regulamentação mais clara e simplificada para a aplicação da cláusula de PD&I pode atrair um maior número de empresas, inclusive de setores fora da indústria de petróleo, para participar desse movimento de inovação.

Além disso, é essencial alinhar as políticas públicas com os objetivos de descarbonização e as metas de neutralidade de carbono assumidas internacionalmente. O desenvolvimento de políticas que incentivem as empresas a investir em tecnologias de captura de carbono, hidrogênio verde e redes inteligentes pode acelerar a transição energética e posicionar o Brasil como um protagonista na inovação energética global. O fortalecimento de programas de incentivo à inovação, aliados a uma maior flexibilização e clareza regulatória, também seria um fator decisivo para aumentar a competitividade do Brasil nesse cenário em transformação.

Finalmente, é fundamental que as políticas públicas para a transição energética no Brasil estejam alinhadas com os objetivos de longo prazo, especialmente no que diz respeito à neutralidade de carbono e à segurança energética. A integração de energias renováveis ao sistema elétrico nacional, o desenvolvimento de redes inteligentes e a expansão de tecnologias de armazenamento de energia devem ser prioridades para garantir uma transição energética justa e sustentável, que beneficie todas as regiões do país e reduza as desigualdades socioeconômicas.

6. Conclusões

Este estudo analisou o papel fundamental da cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da ANP na promoção da transição energética no Brasil, com foco nos projetos financiados que buscam o desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis. Os principais resultados indicam

que os investimentos têm impulsionado o avanço de áreas estratégicas, como energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de captura de carbono, contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento das metas climáticas estabelecidas pelo país.

A pesquisa destaca que, embora os projetos financiados tenham contribuído de forma significativa para a diversificação da matriz energética brasileira, ainda há desafios a serem enfrentados, especialmente em termos de descentralização dos investimentos e redução de barreiras burocráticas. A oportunidade de otimizar a aplicação da cláusula de PD&I está diretamente ligada à expansão geográfica dos projetos e ao incentivo à participação de pequenas e médias empresas, além de reforçar parcerias público-privadas.

Em comparação com outros países, o Brasil apresenta grande potencial devido à sua matriz energética predominantemente renovável e à abundância de recursos naturais. No entanto, a ampliação do foco em áreas emergentes, como o hidrogênio verde e a captura de carbono, pode posicionar o Brasil como líder global na transição energética.

No campo acadêmico este estudo oferece contribuições significativas para o avanço do conhecimento científico por meio de evidências empíricas sobre os efeitos da cláusula de PD&I, enriquecendo o debate sobre a eficácia de incentivos regulatórios, destacando a importância de integrar diferentes abordagens teóricas, como políticas públicas, economia da inovação e sustentabilidade ao aprofundar a compreensão sobre como as políticas regulatórias podem promover a inovação em setores estratégicos, como o energético.

7. Limitações

As limitações da pesquisa incluem a concentração em períodos e áreas específicas, sugerindo que futuras pesquisas podem ampliar tanto a análise temporal quanto a geográfica, além de investigar mais profundamente o impacto de tecnologias emergentes.

Apesar das contribuições, esta pesquisa apresenta algumas limitações. Primeiramente, a análise geográfica foi limitada pela disponibilidade de dados específicos sobre a distribuição dos investimentos nas regiões menos desenvolvidas do Brasil, como o Norte e o Centro-Oeste.

Além disso, a pesquisa focou principalmente em dados quantitativos, o que evidencia a necessidade de outros tipos de análises mais aprofundadas sobre os impactos sociais e econômicos dos projetos financiados pela cláusula de PD&I. Futuras pesquisas podem explorar esses aspectos, além de ampliar o foco para incluir a participação de pequenas e médias empresas no desenvolvimento de tecnologias limpas.

Outro fator importante a considerar são as limitações impostas pela escassez de literatura relacionada ao tema da cláusula de PD&I da ANP e à transição energética no Brasil. Essa carência de estudos pode limitar a capacidade dos pesquisadores de embasar suas análises em teorias e dados consolidados, dificultando a contextualização das descobertas em um panorama mais amplo.

Portanto, é fundamental que futuras investigações busquem não apenas preencher essas lacunas, mas também colaborar na construção de um corpo teórico mais robusto sobre a relação entre a cláusula de PD&I da ANP e a transição energética.

8. Recomendações

Com base nos resultados obtidos é recomendável que a aplicação da cláusula de PD&I seja mais equitativa em termos de distribuição geográfica, incentivando o desenvolvimento de projetos em regiões sub-representadas. Políticas de incentivo voltadas especificamente para essas áreas podem promover uma transição energética mais inclusiva e contribuir para o desenvolvimento econômico regional.

Além disso, sugere-se o fortalecimento das parcerias público-privadas para aumentar o volume de investimentos em inovação, com especial atenção para tecnologias de

armazenamento de energia e hidrogênio verde. Uma maior clareza regulatória e a simplificação dos processos burocráticos também podem tornar o uso da cláusula mais acessível a um número maior de empresas, ampliando a base de inovação.

Finalmente, o governo brasileiro deve alinhar suas políticas públicas com as metas globais de neutralidade de carbono, integrando as energias renováveis ao sistema elétrico e promovendo o desenvolvimento de redes inteligentes. Essas ações não apenas acelerarão a transição energética no país, mas também ajudarão o Brasil a cumprir seus compromissos internacionais e a se consolidar como um líder global em inovação tecnológica e sustentável.

9. Referências

- [1] Empresa de Pesquisa Energética. *Fontes renováveis atingem 49,1% na matriz energética brasileira*. 2023. <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/fontes-renovaveis-atingem-49-1-na-matriz-energetica-brasileira>. Acesso em: 01 set.2024.
- [2] ONU – Organização das Nações Unidas. *Relatório da ONU revela aumento alarmante nos efeitos da mudança climática*. ONU News, 21 abr. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/04/1813222>. Acesso em: 08 set 2024.
- [3] SANTOS, M. A.; SILVA, J. P. *Processo das políticas públicas: revisão de literatura, reflexões teóricas e apontamentos para futuras pesquisas*. Cad. EBAPE.BR, v. 16, n. 3, p. 1-20, set. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/fBpmPq6Cyg795pzdMMLNmdQ/>. Acesso em: 09 set. 2024.
- [4] ANP – Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis. *Institucional*. ANP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/acao-a-informacao/institucional>. Acesso em: 09 set. 2024.
- [5] YERGIN, Daniel. *The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations*. Penguin, 2020.
- [6] SMIL, Vaclav. *Energy and Civilization: A History*. MIT Press, 2017.
- [7] IRENA - Agência Internacional para as Energias Renováveis. *Perspectiva da Transição Energética Mundial: Caminho para 1,5°C*. Abu Dhabi: IRENA, 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/WETO-Summary-PT>. Acesso em: 02 out. 2024.
- [8] Rodrigues, T., & Santos, D. (2022). *Políticas Públicas e a Transição Energética no Brasil*.
- [9] Silva, R., & Souza, V. (2022). *Hidrogênio Verde e Captura de Carbono: Novas Fronteiras da Inovação Energética*.
- [10] Mazzucato, M. (2013). *O Estado Empreendedor: Desmistificando Mitos do Setor Público vs. Privado*.
- [11] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Lula ao sancionar o Combustível do Futuro: "Brasil vai fazer a maior revolução energética do planeta"*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/lula-ao-sancionar-o-combustivel-do-futuro-201cbrasil-vai-fazer-a-maior-revolucao-energetica-do-planeta201d>. Acesso em: 20 set. 2024
- [12] Ministério de Minas e Energia. *O Brasil é exemplo mundial em transição energética*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/o-brasil-e-exemplo-mundial-em-transicao-energetica>. Acesso em: 06 set. 2024
- [13] UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *Relatório de Ciências da UNESCO: a corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente*. Paris: UNESCO Publishing, 2021.

Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250_por. Acesso em: 04 out. 2024.

[14] ANP – Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis. *Resolução do CNPE prioriza investimentos de PD&I em biocombustíveis e transformação digital*. ANP, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/resolucao-do-cnpe-prioriza-investimentos-de-pd-i-em-biocombustiveis-e-transformacao-digital. Acesso em: 06 out. 2024.

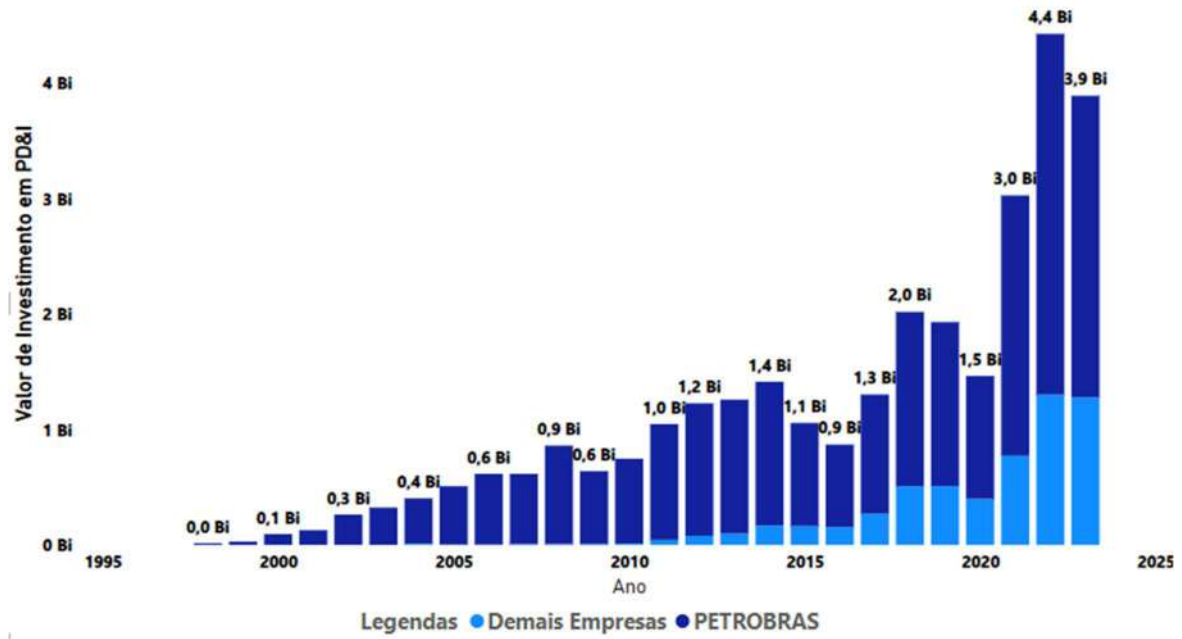
[15] ANP – Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis. *Dados abertos – pesquisa e desenvolvimento e inovação (PD&I)*. ANP, Rio de Janeiro, 18 ago. 2023 Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/dados-abertos-pesquisa-edesenvolvimento-e-inovacao-pd-i>. Acesso em: 18 ago. 2023.

Apêndice A - Total projetos Transição Energética por Valor compulsório

TEMA	Qtd Subtemas	med_VvalorProjetosT XT
OUTRAS FONTES ALTERNATIVAS	84	\$ 522,33 Milhão
PRODUÇÃO E PROCESSAMENTO	66	\$ 160,51 Milhão
BIOCOMBUSTÍVEIS AVANÇADOS (2ª, 3ª, 4ª GERAÇÃO)	52	\$ 304,19 Milhão
HIDROGÊNIO	33	\$ 395,58 Milhão
BIODIESEL	28	\$ 119,35 Milhão
ENERGIA A PARTIR DE OUTRAS FONTES DE BIOMASSA	24	\$ 131,35 Milhão
ENERGIA SOLAR	24	\$ 103,96 Milhão
UTILIZAÇÃO	22	\$ 82,12 Milhão
BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO	19	\$ 538,49 Milhão
MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO	19	\$ 32,11 Milhão
BIOETANOL	18	\$ 147,53 Milhão
Total	389	\$ 2537,52 Milhão

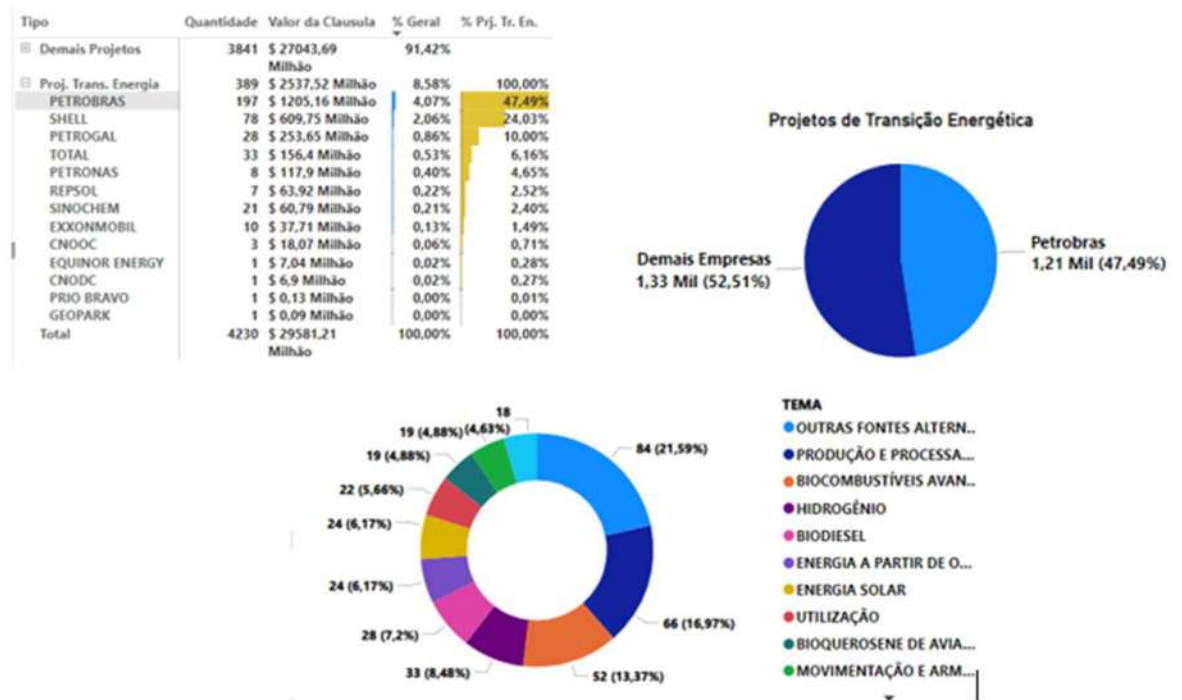
Fonte: Elaborado pelo autor com dados ANP (2023)

Apêndice B – Gráfico de linha Evolução dos investimentos em PD&I ao longo do tempo



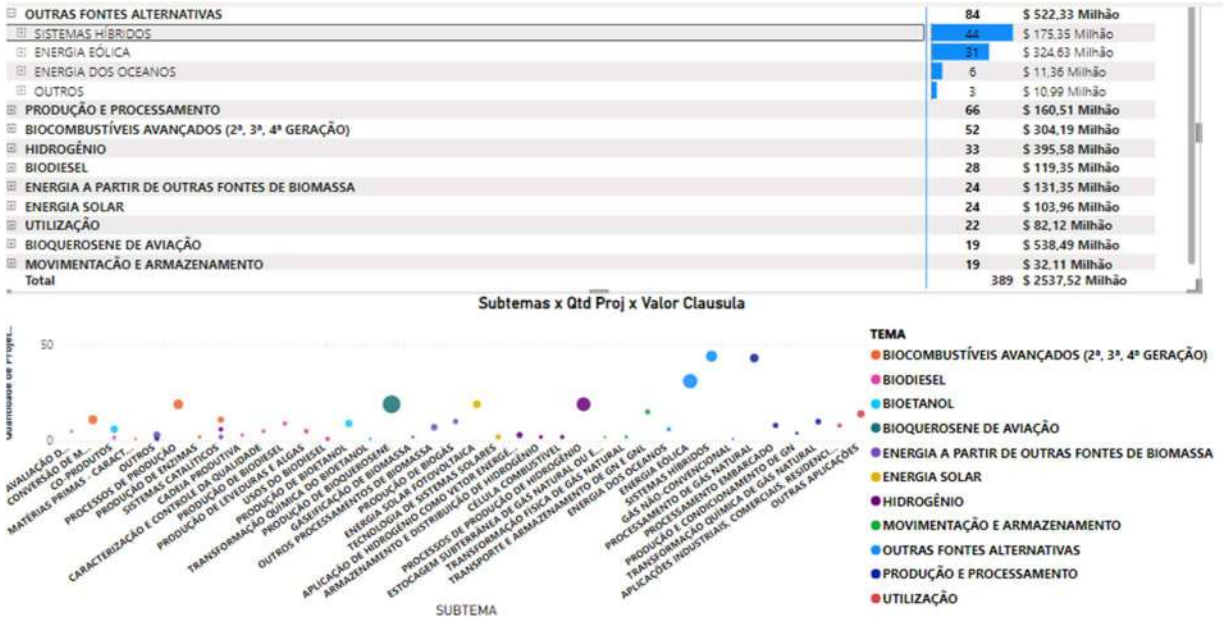
Fonte: Elaborado pelo autor com dados ANP (2023)

Apêndice C – Consolidado por empresa Projetos Transição Energética



Fonte: Elaborado pelo autor com dados ANP (2023)

Apêndice D – Valor da obrigação por Tema e subtemas



Fonte: Elaborado pelo autor com dados ANP (2023)