

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual

JONAS ANTUNES DA COSTA

**INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE:
ANÁLISE DO PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO
(PROPI) DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

Belo Horizonte – MG

2023

JONAS ANTUNES DA COSTA

**INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE:
ANÁLISE DO PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO
(PROPI) DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual

Área de concentração: Gestão da Inovação e Empreendedorismo.

Orientação: Ariana Ferreira de Faria, PhD.

Coorientação: Wadaed Uturbey da Costa, PhD.

Belo Horizonte – MG

2023

043 Costa, Jonas Antunes da.
Análise do programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PROPI)
do setor elétrico brasileiro [manuscrito] / Jonas Antunes da Costa. – 2023.
90 f.: il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Ariana Ferreira de Faria. Coorientadora: Profa. Dra.
Wadaed Uturbey da Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto
de Ciências Biológicas. Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e
Propriedade Intelectual.

1. Inovação. 2. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. 3. Serviço de
energia elétrica. I. Faria, Ariana Ferreira de. II. Costa, Wadaed Uturbey da. III.
Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV.
Título.

CDU: 608.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

"INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DO PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (PROPGI) DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO"

Jonas Antunes da Costa

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 22 de junho de 2023, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Adriana Ferreira de Faria – Orientadora
UFV

Profa. Dra. Wadad Uturbey da Costa
Escola de Engenharia/UFMG

Prof. Dr. André Luis Silva
Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia/UFOP

Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva
Escola de Engenharia/UFMG

Prof. Dr. Eder Junior Alves
Polo de Inovação/UFMG

Belo Horizonte, 22 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Ferreira de Faria, Usuário Externo**, em 27/06/2023, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Luis Silva, Usuário Externo**, em 27/06/2023, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Marcio da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 28/06/2023, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wadood Utarbey da Costa, Professora do Magistério Superior**, em 28/06/2023, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eder Junior Alves, Usuário Externo**, em 30/06/2023, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_documento_acesso_externo=0, informando o código verificador **2413868** e o código CRC **06215AD9**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL

ATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado Nº 179 DE JONAS ANTUNES DA COSTA

Às 16:00 horas do dia 22 de junho de 2023, em ambiente virtual, realizou-se a sessão pública para a defesa da Dissertação de Jonas Antunes da Costa. A presidência da sessão coube à Profa. Dra. Adriana Ferreira de Faria, UFV – Orientadora. Inicialmente a Presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora assim constituída: Profa. Dra. Wadaed Uturbey da Costa, Escola de Engenharia/UFMG; Prof. Dr. André Luis Silva, Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia – UFOP; Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva, Escola de Engenharia/UFMG; Prof. Dr. Eder Junior Alves, Polo de Inovação/UFMG - Suplente; e Profa. Dra. Adriana Ferreira de Faria, UFV – Orientadora. Em seguida, o candidato fez a apresentação do trabalho que constitui sua Dissertação de Mestrado, intitulada "INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DO PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (PROPI) DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO". Seguiu-se a arguição pelos examinadores e, logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença do candidato e do público e decidiu considerar aprovada a Dissertação de Mestrado. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 22 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Ferreira de Faria, Usuário Externo**, em 27/06/2023, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Luis Silva, Usuário Externo**, em 27/06/2023, às 15:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Márcio da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 28/06/2023, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wadaed Uturbey da Costa, Professora do Magistério Superior**, em 28/06/2023, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eder Junior Alves, Usuário Externo**, em 30/06/2023, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2413853** e o código CRC **C76094E3**.

RESUMO

No setor energético mundial, o cenário atual é de transição a uma matriz energética futura mais alinhada aos três pilares da sustentabilidade, econômico, social e ambiental, que visam garantir o desenvolvimento do planeta. O setor de energia elétrica é estratégico, dada a sua importância na matriz energética mundial, uma das razões pelas quais vem buscando desenvolver projetos inovadores, que estejam mais alinhados aos princípios de sustentabilidade. Neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo geral identificar os principais problemas de gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do setor elétrico brasileiro, analisando como estes problemas estão sendo tratados na nova Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 1.045/2022, e ainda se as diretrizes e os procedimentos apresentados na Resolução estão em consonância com os pilares básicos da sustentabilidade, que o cenário atual de transição energética demanda. O estudo revisou a literatura nacional e internacional com o intuito de identificar o que havia de mais recente sobre inovação sustentável no setor elétrico. A metodologia, além do caráter bibliográfico, foi também um estudo de caráter documental, por fazer uma avaliação técnica do que está disposto na Resolução Aneel nº 1.045/2022. Os resultados do estudo sinalizaram que os novos procedimentos definidos para o Programa de Inovação (PDI), coordenado pela Aneel, são promissores para uma melhor gestão dos projetos de inovação do setor elétrico brasileiro, uma vez que contempla reivindicações do setor, especialmente com respeito a maior transparência, flexibilização e controle do programa. Contudo, do ponto de vista da sustentabilidade, o conteúdo da Resolução Aneel nº 1.045/2022 mostra um desequilíbrio no tratamento dado aos três pilares da sustentabilidade, com uma preponderância de indicadores do pilar econômico, também chamado pilar da governança, em relação aos pilares social e ambiental. Nas considerações finais, há uma análise sobre a viabilidade de investimentos em projetos que se conformam aos pilares básicos da sustentabilidade.

Palavras-chave: inovação; sustentabilidade; pesquisa e desenvolvimento; projetos de inovação; setor elétrico; Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022.

ABSTRACT

In the global energy sector, the current scenario is one of transition to a future energy matrix more aligned with the three pillars of sustainability, economic, social and environmental, which aim to guarantee the development of the planet. The electricity sector is strategic, given its importance in the global energy matrix, one of the reasons why it has been seeking to develop innovative projects that are more attentive to the principles of sustainability. In this context, this research had the general objective of identifying the main management problems of the Research, Development and Innovation Program (PROPDI) of the Brazilian electricity sector, analyzing how these problems are being addressed in the new Normative Resolution of the National Electric Energy Agency (Aneel) nº 1.045/2023, and even if the guidelines and procedures presented in the Resolution are in line with the basic principles of sustainability, which the current scenario of energy transition demands. The study reviewed national and international literature in order to identify the latest on sustainable innovation in the electricity sector. The methodology, in addition to the bibliographic nature, was also a documental study, as it made a technical assessment of what is provided in Aneel Resolution nº 1.045/2022. The results of the study indicated that the new procedures defined for the Innovation Program (PDI), coordinated by Aneel, are promising for a better management of innovation projects in the Brazilian electricity sector, since it contemplates the sector's claims, especially with respect to greater transparency, flexibility and control of the program. However, from the point of view of sustainability, the content of Aneel Resolution nº 1.045/2022 shows an imbalance in the treatment given to the three pillars of sustainability, with a preponderance of indicators from the economic pillar, also called the governance pillar, in relation to the social pillars and environmental. In the final considerations, there is an analysis of the feasibility of investing in projects that conform to the basic pillars of sustainability.

Keywords: innovation; sustainability; Research and Development; innovation projects; electric sector; Aneel Normative Resolution nº 1.045/2022.

LISTA DE GRÁFICOS E FIGURAS

Gráfico 1 - Matriz elétrica brasileira	25
Gráfico 2 - Matriz elétrica mundial.....	25
Gráfico 3 – Movimentação Financeira P&D (2008-2020).....	32
Gráfico 4 – Percentual de cada tema (2008-2020)	33
Figura 1 - Mapa Estratégico do Programa de PDI Aneel para o PEQul 2023- 2028.....	57

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Principais problemas dos projetos de P&D da Aneel no âmbito do PROPDI.....	52
Quadro 2 – Indicadores de monitoramento anual e quinquenal de resultados	66
Quadro 3 - Comparativo das principais sugestões de melhoria do PDI e o que foi incorporado na Resolução Aneel 1.045/2022	68
Tabela 1 - Movimentação Financeira P&D (2008-2020)	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRADEE	Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica
AMPARA	Avaliação Multiatributo de Portfólios de PDI Aneel
AMPERE	Avaliação Multiatributo de Portfólio de PDI de Empresas de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASCV	Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCUS	<i>Hydrogen and Carbon Capture, Utilization, and Storage</i>
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGHE	<i>Connecting Green Hydrogen Europe</i>
CGI	Corporate Governance Institute
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de interrupção individual por unidade consumidora
DICRI	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora
DMIC	Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora
EPE	Empresa Pesquisa Energética
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de interrupção individual por unidade consumidora
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GD	Geração distribuída
GTD	Geração, Transmissão e Distribuição
GTDC	Geração, Transmissão, Distribuição e Comercialização
H2V	Hidrogênio verde
IA	Inteligência Artificial
IASC	Índice de satisfação do Consumidor
IEA	International Energy Agency
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IoE	Internet da eletricidade
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
LCSA	<i>Life Cycle Sustainability Assessment</i>
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MME	Ministério de Minas e Energia
MT	Média Tensão
NMT	Nível de Maturidade Tecnológica
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PDI	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PEQuI	Planejamento Estratégico Quinquenal
PGPDI	Programa de Gestão de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PINSE	Plataforma de Inovação do Setor Elétrico
PNE	Plano Nacional de Energia
PROPDI	Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
ROL	Receita Operacional Líquida
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SEINFRA	Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
TCU	Tribunal de Contas da União
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos do estudo	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 Justificativa e relevância do estudo	16
1.3 Estrutura do trabalho	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Tecnologia, inovação e desenvolvimento	20
2.2 Cenário da inovação no setor elétrico brasileiro e o Programa de P&D da Aneel	24
2.3 A inovação do setor elétrico mundial no cenário da transição energética .	36
2.3.1 A sustentabilidade do setor elétrico nas perspectivas da economia circular, da transição energética e do ESG	42
2.4 Considerações finais do capítulo	46
3 METODOLOGIA	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Diagnóstico do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI)	52
4.2 Análise da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022	56
4.2.1 Plano estratégico quinquenal de inovação (PEQul)	57
4.2.2 Níveis de maturidade tecnológica	58
4.2.3 Startups	59
4.2.4 Avaliação multiatributo de portfólio	59
4.3 Instrumentos auxiliares aos objetivos estratégicos do Programa	60
4.4 Avaliação da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 à luz dos pilares de sustentabilidade e inovação tecnológica	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5.1 Limitações e sugestões de pesquisas futuras	75
5.2 Contribuições da pesquisa	76
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Questões relativas à sustentabilidade, economia circular, transição energética e situação do clima mundial estão cada vez mais presentes e são alvo de debates nos principais eventos de agendas políticas, econômicas e ambientais. O cenário do setor de geração de energia elétrica vem passando por grandes mudanças, saindo de um modelo caracterizado por sistemas centralizados e integrados, com grande número de produtores de energia de todos os tamanhos, para modelos descentralizados, impulsionados por inovações tecnológicas que buscam a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, bem como maior eficiência energética dos ativos de geração, transmissão e distribuição de energia. O propósito principal é atender à demanda crescente de consumo de energia elétrica de forma mais eficaz, diminuindo os efeitos das emissões de CO₂ na produção de energia mais limpa, com benefícios ao meio ambiente e à sociedade (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020).

No Brasil, o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, coordenado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), criado conforme a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, define que as empresas de Geração, Transmissão e Distribuição (GTD) são obrigadas a investir pelo menos 1% de sua receita operacional líquida em ações de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de eficiência energética. Conforme a lei, as empresas devem destinar 0,75% de suas receitas operacionais líquidas em projetos de P&D e 0,25% em programas de eficiência energética, cabendo à Aneel a responsabilidade de promover, por meio das empresas reguladas, o desenvolvimento tecnológico e de pesquisa no setor elétrico. O Programa foi criado com o propósito de reduzir a dependência tecnológica do país e o impacto ambiental do setor, bem como propiciar maior eficiência, modicidade tarifária e segurança no fornecimento de energia elétrica (ANEEL, 2022a).

No entanto, os resultados alcançados ao longo da existência do Programa não têm correspondido integralmente às expectativas, pois apenas em torno de 10% dos projetos desenvolvidos entre 2008 e 2020 alcançaram as últimas fases da cadeia de inovação e tiveram aplicação efetiva na indústria, sendo que a maior parte do portfólio de projetos desse período foi composta pelos chamados “estudos de prateleira”, ou seja, projetos que só ficam no papel sem gerar resultados práticos, ou mostram pouco avanço além de pesquisas básica e experimental (MONTENEGRO, 2021).

É importante ressaltar que, já em 2012, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) identificou as seguintes situações que estavam dificultando o bom desenvolvimento do Programa, quais sejam: baixo envolvimento dos agentes com a execução das atividades de P&D; necessidade de maior alinhamento dos projetos às estratégias das empresas; baixo rigor na definição do que realmente pode ser enquadrado como P&D no programa; não divulgação das melhores práticas de gestão dos projetos; falta de incentivo à contratação de pesquisadores e à criação de empresas para comercialização dos produtos desenvolvidos, e; por fim, o fato de o Programa não estar correspondendo integralmente às expectativas, do ponto de vista do número de projetos iniciados e não concluídos, ou concluídos e não colocados em prática, implicando em recursos disponibilizados e não investidos (IPEA, 2012).

Nesse entendimento, Lima, Rovere e Santos (2018) colocam que o Programa de P&D da Aneel não vem conseguindo alcançar seu objetivo principal, com uma taxa muito pequena de introdução de inovações no mercado. Acrescentam que o Programa tem se limitado à pesquisa e ao desenvolvimento de soluções tecnológicas pontuais e restritas aos seus desenvolvedores, em vez de fomentar a inovação adequadamente. A propósito, segundo o Manual de Oslo (OECD, 2018), uma inovação é um produto ou processo novo ou aprimorado, ou sua combinação, que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizado para usuários potenciais (produto) ou colocado em uso pela unidade (processo).

Sobre o Programa de Inovação do setor elétrico brasileiro, Bin *et al.* (2015) afirmam que a política atual do Programa de Inovação, coordenado pela Aneel, apresenta limitações burocráticas que não favorecem as empresas de geração, transmissão e distribuição no cumprimento da obrigação de investir pelo menos 1% de suas receitas operacionais líquidas em P&D e eficiência energética, razão pela qual preferem permanecer inseridas em um setor tipicamente comprador de inovações. Com relação aos projetos de inovação do setor elétrico brasileiro, os investimentos em P&D não vêm promovendo soluções tecnológicas reais que possam transformar o dia a dia da sociedade, sendo priorizados projetos em parceria com as universidades, sem aderência às demandas do mercado, focalizando, em sua maioria, atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental (ABGI CONSULTORIA, 2017).

Buscando entender a evolução dos investimentos em P&D no período de 2008 a 2018, Soares *et al.* (2020) apontam que a melhoria de desempenho do Programa passa pelo aprimoramento dos processos gerenciais das empresas do setor elétrico, mesmo que isso represente para elas um desafio. Os autores colocam ainda que os investimentos em P&D são cruciais à concepção de cadeias produtivas de energia limpa e de baixo impacto ambiental, gerando benefícios à sociedade, sendo, então, necessárias ações para que o programa de P&D ganhe cada vez mais a adesão dos agentes do setor elétrico. Mais recentemente, um estudo realizado por Schappo *et al.* (2021) concluiu haver desinteresse das empresas de energia do setor elétrico brasileiro nos investimentos de P&D, dadas as condições não favoráveis de retorno do capital investido.

Conforme relatório de fiscalização do Tribunal de Contas da União (TCU) (BRASIL, 2021a), identificado como Relatório de Auditoria TC 036.882/2020-8, produzido pela Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura de Energia Elétrica (SeinfraElétrica) com o propósito avaliar a política pública de P&D no setor elétrico brasileiro conforme o que dispõe a Lei nº 9.991/2000, o Programa de P&D coordenado pela Aneel apresenta problemas de deficiência de gestão, falta de transparência, insuficiência de indicadores para medir os resultados do Programa, inadimplência das empresas do setor na aplicação dos recursos disponibilizados, fragilidades nos controles internos quanto à aplicação dos recursos, e, até mesmo, projetos não alinhados aos objetivos do Programa. Diante desse quadro, o TCU, por meio do referido relatório, fez as seguintes recomendações à Aneel:

- a) Sobre transparência: necessidade de providências para melhorar a transparência dos projetos elaborados com recursos de P&D, uma vez que eles não vêm sendo divulgados à sociedade. Sugere que as informações sejam claras e em linguagem de fácil compreensão com vistas a possibilitar o acompanhamento da execução dos recursos pela sociedade;
- b) Sobre indicadores de desempenho: os indicadores existentes são insuficientes para mensuração da eficiência do Programa de P&D, havendo a necessidade de incorporação de medidas que permitam melhor gerenciamento e avaliação do Programa;
- c) Sobre fiscalização: falhas de divulgação das ações de fiscalização feitas pela Aneel sobre o andamento e adequação dos projetos desenvolvidos nas

empresas do setor. Recomenda-se aumentar a fiscalização com enfoque na reversão das receitas das empresas do setor elétrico em prol da modicidade tarifária e na comercialização de direitos de propriedade intelectual de projetos resultantes do Programa. Além disso, o TCU questiona a baixa aplicação dos recursos de P&D pelas empresas do setor elétrico e o fato de os exames desvantagens e desvantagens acerca da avaliação dos projetos serem realizados apenas em momento posterior à conclusão dos projetos, inexistindo análises prévias durante o seu desenvolvimento.

Esses problemas apontados pelo IPEA e TCU e outros estudos aqui mencionados, indicam que o Programa, como vem sendo conduzido, não corresponde satisfatoriamente às expectativas do setor elétrico e de seus *stakeholders*. Diante dessa situação e reconhecendo que a energia elétrica precisa ser suprida por soluções mais eficientes e sustentáveis, de modo a beneficiar o consumidor por meio de provimento de energia segura, com qualidade, baixo impacto ambiental e menor custo, a Aneel decidiu fazer ajustes na política pública voltada à inovação tecnológica do setor elétrico, conforme está colocado na Resolução Normativa Aneel nº 1.045, de 04 de outubro de 2022.

A nova Resolução traz, entre seus princípios, o do reconhecimento da inovação como vetor de desenvolvimento econômico, social e ambiental; e o da promoção da cooperação tanto entre os agentes do setor elétrico quanto entre esses e as instituições de pesquisa, desenvolvimento e inovação e entidades correlatas. Foi elaborada após Consulta Pública Aneel nº 69/2021, realizada com o propósito de obter subsídios para sua elaboração. Empresas de geração, transmissão e distribuição de energia, universidades, centros de pesquisa e outros agentes participaram da Consulta Pública.

A Resolução estabelece os Procedimentos do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do setor elétrico, como um guia determinativo de procedimentos dirigido às empresas reguladas pela Aneel, com obrigatoriedade de atendimento à Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para elaboração e execução da Estratégia, Portfólio, Plano e Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. A expectativa é que as novas orientações e os procedimentos do Programa, com previsão de entrarem em vigor a partir em julho de 2023, estimulem os distintos atores públicos e privados a atuarem em parceria para alcançar metas específicas de

pesquisa e inovação, nos termos da Lei nº 13.243/2016, que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. A Lei nº 13.243/2016 altera um conjunto de leis, entre elas a Lei Federal nº 10.973/2004, conhecida como Lei da Inovação. Ambas são regulamentadas pelo Decreto nº 9.283/2018, instituído assim o que ficou conhecido como o Novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Com relação às questões de sustentabilidade, tão propaladas atualmente, as Nações Unidas consideram que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades e, para que seja alcançado, é crucial harmonizar três elementos centrais: crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental. Esses elementos devem estar interconectados e todos são cruciais para o bem-estar dos indivíduos e das sociedades, implicando em esforços conjuntos para a construção de um futuro inclusivo, sustentável e resiliente para as pessoas e o planeta. Insere-se na sustentabilidade a economia circular, entendida como uma nova forma de criar valor e prosperidade por meio da extensão da vida útil do produto e da realocação de resíduos do final da cadeia de suprimentos para o início, usando os recursos com mais eficiência ao usá-los mais de uma vez, o que significa uma maneira de não apenas proteger o meio ambiente, mas usar os recursos naturais com mais sabedoria, desenvolver novos setores, criar empregos e desenvolver novas capacidades (UNIDO, 2015).

Considerando-se este cenário, surge a seguinte questão: os procedimentos definidos na nova Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 estão de fato voltados ao reconhecimento da inovação como vetor de desenvolvimento econômico, social e ambiental, tratando estes três pilares básicos da sustentabilidade de forma equilibrada?

Entende-se, assim, oportuno um estudo que avalie como a nova resolução da Aneel trata os problemas e as reivindicações que ocorreram ao longo da existência do Programa e se os novos procedimentos emitidos pelo órgão regulador poderão, de fato, contribuir para a melhoria da sua gestão, em conformidade com os requisitos de sustentabilidade, exigidos no contexto atual de transição energética e das condições climáticas do planeta.

1.1 Objetivos do estudo

1.1.1 Objetivo geral

Identificar os principais problemas de gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do setor elétrico brasileiro, analisando como estes problemas estão sendo tratados na nova Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 1.045/2022, e ainda se as diretrizes e os procedimentos apresentados na Resolução estão em consonância com os pilares básicos da sustentabilidade, que o cenário atual de transição energética demanda.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Identificar na literatura os principais problemas que vêm dificultando a gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) e as recomendações recebidas pela Aneel para a melhoria;
- b) Revisar a literatura mundial sobre o que há de mais recente em termos de inovação e sustentabilidade no setor elétrico;
- c) Analisar se os indicadores recomendados para avaliar os resultados do Programa e demais procedimentos de gestão, como acompanhamento, monitoramento e controle das tecnologias desenvolvidas, estão em consonância com os pilares de inovação sustentável.

1.2 Justificativa e relevância do estudo

O estudo se justifica por ter o propósito de verificar a aderência dos procedimentos da nova Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 às necessidades de melhoria do Programa Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) que vêm sendo apontadas e reivindicadas pelo setor elétrico, de modo a torná-lo mais atrativo aos atores envolvidos com a inovação tecnológica do setor.

A importância deste estudo se manifesta ainda pelo fato de ele apresentar uma análise dos principais problemas que têm impactado a gestão do programa de inovação coordenado pela Aneel, e, ao mesmo tempo, apresentar o que mais se discute atualmente em termos de inovações e tendências tecnológicas do setor elétrico mundial, especialmente com respeito às questões de sustentabilidade, o que

poderá ajudar os gestores a uma melhor reflexão para a tomada de decisão factual sobre novos projetos.

Essas reflexões devem estar relacionadas à necessidade de um olhar que considere a importância de um equilíbrio dos pilares básicos da sustentabilidade nas seleções e definições dos projetos de P&D a serem desenvolvidos, pois mesmo sendo a matriz elétrica brasileira bastante sustentável, com aproximadamente 85% da energia gerada advindo de fontes renováveis, há muitas possibilidades para que esse setor, por meio do Programa de Inovação (PDI) coordenado pela Aneel, contribua ainda mais para a melhoria do meio ambiente e o bem estar da sociedade.

Quando se olha, por exemplo, para os ativos do sistema elétrico (equipamentos, materiais e outros componentes envolvidos no processo de gerar, transmitir e distribuir energia), observa-se um potencial enorme para desenvolvimentos tecnológicos alinhados aos princípios básicos da sustentabilidade. São centenas de milhares de linhas de transmissão, redes de distribuição e subestações, que demandam a exploração de recursos naturais para sejam fabricados e/ou estejam em funcionamento.

É nesse contexto que surgem diversas possibilidades de projetos de inovação, que podem ser desenvolvidos com base nos preceitos da economia circular, buscando melhor utilização ou reutilização dos recursos já disponibilizados no sistema. Com relação a questões de economia circular, a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), em matéria sobre a economia da transição para uma economia circular mais eficiente em termos de recursos, sinaliza que, numa perspectiva de negócios como a que prevalece, o uso de combustíveis fósseis e a produção de ferro, aço e outros materiais poderão levar a grandes problemas relacionados à energia, com a emissões de poluentes atmosféricos, extração e uso de metais poluentes, impactos no solo, no clima, e toxicidade para humanos e ecossistemas em nível global, motivos pelos quais a extração e o uso de matérias-primas primárias serem muito mais poluentes do que a utilização de materiais secundários reciclados (OECD, 2022).

Desse modo, é oportuno que os envolvidos com os projetos de P&D disponham de um estudo como este, com as primeiras reflexões sobre as mudanças que a nova Resolução Aneel traz para a política de inovação do setor elétrico nacional, podendo servir de ponto de partida para aprimoramentos futuros, a partir do momento em que os novos procedimentos entrarem em vigor.

Esta pesquisa poderá contribuir para uma maior conscientização de técnicos e gestores do setor elétrico, de que o momento exige que as inovações sejam conduzidas dentro dos princípios de sustentabilidade, buscando um equilíbrio de seus três pilares básicos, sem deixar que haja preferência ao atendimento dos aspectos voltados à eficiência técnico-econômica, em detrimento das questões ambientais e sociais. Sobre os impactos sociais estabelecidos pelas políticas de governança ambiental e social (*Environmental, Social and Governance* - ESG), os impactos sociais são tão importantes quanto os ambientais e econômicos. Por isso, as empresas deveriam considerar os efeitos que suas ações têm na sociedade, por exemplo, no que se relaciona a geração de empregos e às questões de direitos humanos (discriminação, corrupção, desigualdade, más práticas trabalhistas e outros), para serem bem-sucedidas e garantir a sustentabilidade a longo prazo.

Finalmente, o estudo será útil tanto aos gestores envolvidos com os programas de inovação das empresas do setor elétrico como também a outros que trabalham em parceria no desenvolvimento de projetos de P&D, ao lhes propiciar melhor entendimento sobre os problemas que ocorreram no passado e dificultaram a gestão do Programa no setor elétrico, e de que modo a nova resolução trata essas questões dentro dos preceitos da sustentabilidade.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Na introdução (capítulo 1), foi contextualizada a situação do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) do setor elétrico brasileiro, justificando o mérito do trabalho e os objetivos do estudo. No referencial teórico (capítulo 2), são apresentados os conceitos clássicos sobre inovação, problemas que impactaram o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico brasileiro ao longo de sua existência e as recomendações para sua melhoria, bem como o que a literatura apresenta sobre inovação tecnológica sustentável no setor elétrico, nacional e internacional. O capítulo da metodologia (capítulo 3) apresenta a estratégia utilizada para a realização do estudo, e os principais documentos que serviram como fonte de informações para a elaboração do trabalho. No capítulo 4, Resultados e Discussões, é apresentado um diagnóstico do PROPDI, com os principais problemas que impactaram o andamento dos projetos de inovação coordenados pela Aneel, as recomendações para o aprimoramento do Programa, conforme Consulta Pública Aneel e outros documentos,

os aspectos mais relevantes da Resolução nº 1.045, e uma avaliação dos resultados à luz dos pilares da sustentabilidade. O capítulo 5 apresenta as considerações finais, com uma reflexão sobre resultados, limitações, proposições e contribuições do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de estabelecer uma lógica teórica que possa ajudar a esclarecer a dinâmica do processo de inovação tecnológica do setor elétrico, é importante caracterizar o Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) em termos de dimensão, composição, organização e agentes envolvidos na sua gestão, bem como compreender o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, à luz dos conceitos de inovação e desenvolvimento sustentável, conforme o que a literatura apresenta de mais atual sobre inovação tecnológica sustentável no setor elétrico mundial.

2.1 Tecnologia, inovação e desenvolvimento

O tema tecnologia passou a ser considerado na literatura científica mundial como um dos fatores impulsionadores da economia a partir de Schumpeter (1934), o qual coloca a inovação como a força propulsora das mudanças mundiais e principal motor para o desenvolvimento das nações, por promover novos ciclos de desenvolvimento econômico a partir da “distribuição criativa”. Segundo o economista, somente pela busca por diferenciais que tornem seus produtos bens raros no mercado uma empresa pode se destacar no cenário competitivo global, e, do mesmo modo, apenas com a inovação é que as nações podem dar os grandes saltos de crescimento permitindo sua diferenciação frente aos demais países (SCHUMPETER, 1934).

A inovação é o ato de atribuir novas capacidades aos recursos (pessoas e processos) existentes na empresa para gerar riqueza e seu planejamento deve começar com a análise de oportunidades, devendo ser simples e direcionada para ser eficiente (DRUCKER, 2000). Assim, a inovação é a criação de algo novo, por meio de aprendizagem e construção de conhecimento, que envolve mudanças constantes de competências e capacidade e de difícil mensuração (SMITH, 2005).

Sobre possibilidades de inovação, de acordo com Tidd; Bessant e Pavitt (2008) e OCDE (2005), a inovação pode ocorrer no desenvolvimento do produto, processo, marketing e até mesmo numa redefinição organizacional. A inovação de produto, por exemplo, concretiza-se quando for introduzido um produto novo ou melhorado, tornando-o mais fácil de ser utilizado e mais prático ao consumidor; a de processos, quando se desenvolve um novo método de produzir algo, por exemplo, com a

utilização de novas máquinas e equipamentos mais sofisticados que resultem em maior produção e melhoria da qualidade do produto; e a de marketing, em decorrência de modificações significativas na percepção de um produto, na sua embalagem, ou mesmo na sua promoção no mercado, como é o caso da adoção de embalagens recicláveis para minimizar impacto no meio ambiente.

A inovação pode ser entendida como um processo que contribuiu para que diversas organizações criem novos produtos, processos, métodos organizacionais ou tentem aperfeiçoar os existentes, sendo mais comum essa prática em grandes empresas, devido ao fato de disporem de mais recursos e estrutura em relação às organizações de pequeno porte (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Já Vaccaro *et al.* (2012) entendem que organizações maiores precisam recorrer a líderes transformacionais para compensar sua complexidade e permitir que a inovação floresça; enquanto que organizações menores precisam de lideranças transacionais (do dia a dia, do operacional com os comandados) para o gerenciamento da inovação.

A inovação ajuda a estimular a competição e a abertura de novas oportunidades de mercado para os empreendedores, incluindo atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. Embora a adoção de práticas inovadoras nem sempre acarrete efeitos que possam significar de imediato sucesso no empreendimento, ela pode propiciar resultados positivos no longo prazo (OECD, 2005).

O processo de inovação de produto, em geral, exige grandes investimentos em Centros de Pesquisa e Desenvolvimento, e, por seu alto custo, esse tipo de inovação é mais comum em grandes corporações (MOREIRA; QUEIROZ, 2007). Para os autores, os centros de P&D têm de fato contribuído para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos produtos e processos, sendo cruciais para que pesquisadores, cientistas, engenheiros e outros profissionais busquem melhores métodos para criar ou aperfeiçoar produtos existentes.

No momento atual de acirrada competição, o sucesso dos negócios depende da reinvenção de processos e mudança de mentalidade de executivos e gerentes em todos os níveis, os quais devem buscar sempre por soluções inovadoras que criem valor e crescimento sustentável. Este contexto requer, no entanto, muita criatividade no gerenciamento de processos, sistemas técnicos e da cadeia de suprimentos, considerando-se a necessidade de associar as questões tecnológicas com os requisitos sociais e verdadeiramente criar vantagem competitiva por meio de inovação

contínua (PRAHALAD; KRISHNAN, 2008). É necessário haver um conceito bem difundido e preciso do que seja inovação nas organizações, num entendimento de que a inovação pode gerar resultados efetivos e contribuir para o aumento da capacidade de introduzir e difundir novos produtos, processos ou serviços que agreguem valor e tragam benefícios associadas à melhoria dos resultados comerciais e financeiros no longo prazo (BAGNO; FARIA, 2017).

Seguindo a lógica de que é necessário entender que a inovação é o principal indutor de desenvolvimento socioeconômico, Cassiolato e Podcameni (2016) afirmam ser fundamental o reconhecimento da inovação como elemento dinamizador de desenvolvimento, que se dá em processo sistêmico, demandando políticas de governo que considerem todos os agentes do sistema, suas interações, especificidades e contextos. Lembram que, para que isso ocorra, é necessário mobilizar todos os agentes envolvidos no processo, a fim de engajá-los adequadamente, estimulando-os a buscar, de forma integrada e coordenada, a inovação conforme cada contexto.

Para Khalil e Nimmanunta (2021), tanto as inovações convencionais quanto as inovações verdes podem ser benéficas às empresas. Defendem, entretanto, que investir em projetos que considerem os pilares da sustentabilidade ajuda as organizações a reduzir seu impacto ambiental, melhorar os resultados sociais e construir melhores estruturas de governança. Consideram também que esse tipo de investimento em inovação é mais vantajoso, independentemente da área de atuação da empresa, pois possibilita resultados significativos e melhor desempenho financeiro no longo prazo.

De acordo com Ellis (2022), em matéria intitulada *What are the three pillars of ESG*, uma estratégia de ESG se concentra em questões ambientais, sociais e de governança, e estes três pilares podem ser definidos tal como se apresenta na sequência. O pilar ambiental relaciona-se aos impactos ambientais que as atividades de uma organização podem causar ao planeta. O pilar social diz respeito ao impacto das atividades de uma organização sobre as pessoas, incluindo funcionários, clientes e comunidade. Por sua vez, o pilar da governança corresponde à forma como uma organização é governada, ou seja, se ela é gerenciada de forma transparente, responsável e se suas atividades são relatadas aos *stakeholders* de forma ética, honesta e clara.

No âmbito deste tema, o relatório *ESG Ratings and Climate Transition* (OECD, 2022) diz que um investimento ESG se refere ao processo de incorporação ambiental, social e de governança (ESG) na alocação e gestão de ativos com ações que permitam gerar retornos financeiros sustentáveis e de longo prazo. Essa organização considera que a adoção de práticas de ESG vem se tornando uma forma prioritária de financiamento sustentável, devido ao seu potencial para entregar retornos financeiros, alinhados aos valores sociais e demais objetivos de sustentabilidade. O relatório conclui que o pilar E (*Environmental*) das classificações ESG tem potencial para ser uma ferramenta importante no enfrentamento dos desafios relacionados aos riscos e às oportunidades de sustentabilidade, garantindo, assim, com políticas e boas práticas de gestão, que o capital seja alocado para investimentos consonantes com a transição de baixo carbono e crescimento sustentável.

Para as Nações Unidas, o desenvolvimento sustentável é aquele que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades, o que exige esforços conjuntos para a construção de um futuro inclusivo, sustentável e resiliente para as pessoas e o planeta. Essa organização considera, ainda, que o desenvolvimento sustentável só é alcançado quando três elementos centrais são harmonizados: crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental. Esses elementos devem estar interconectados e são todos cruciais ao bem-estar dos indivíduos e das sociedades.

Sobre desafios da inovação tecnológica no Brasil, Leal & Figueredo (2021) pontuam que somente com a intensificação de investimentos em inovação tecnológica o país irá conseguir crescimento econômico e desenvolvimento social, mas que, antes de reivindicar mais investimentos, é fundamental melhorar a eficácia dos recursos disponibilizados para essa finalidade, pois sem aprimorar o padrão existente de dispêndios em P&D os resultados continuarão sendo insuficientes.

Não há como deixar de reconhecer que o processo de acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras desempenha papel fundamental no desenvolvimento econômico, sendo, portanto, necessário que as atividades de P&D sejam desenvolvidas não apenas com recursos do setor público, mas também com o apoio financeiro do setor privado, razão pela qual este tema deve estar sempre no centro do debate e de ações das políticas de inovação de qualquer país (SAGAR; ZWAAN, 2006).

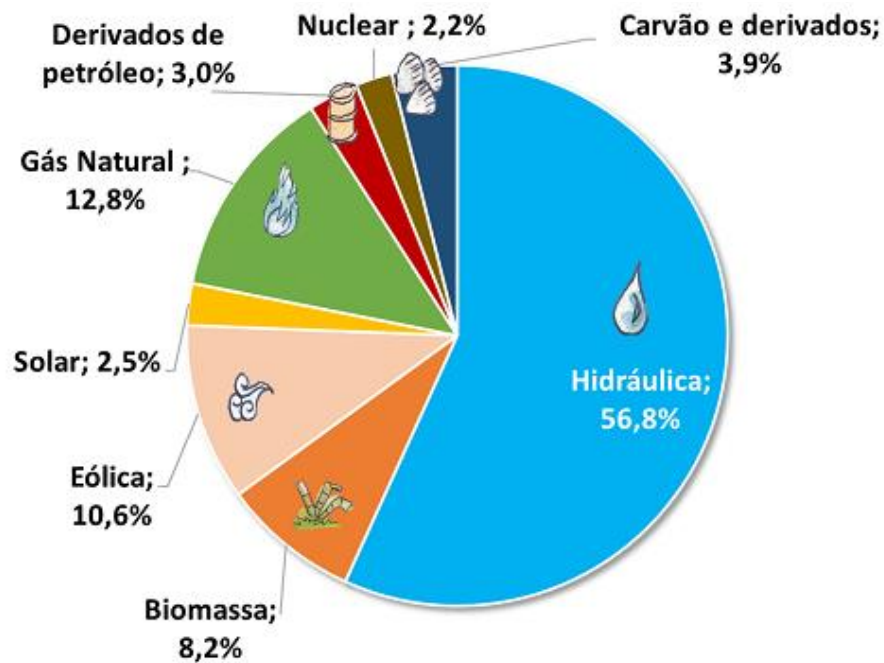
2.2 Cenário da inovação no setor elétrico brasileiro e o Programa de P&D da Aneel

O sistema elétrico brasileiro é um dos maiores do planeta, composto por três grandes subsistemas, de geração, transmissão e distribuição, que representam um imenso ativo de equipamentos e componentes elétricos para serem operados e mantidos, resultando, por conseguinte, em ilimitadas possibilidades de desenvolvimentos tecnológicos. Com relação ao subsistema de geração, a matriz elétrica brasileira é composta predominantemente por fontes renováveis, como hidrelétrica, solar, eólica e biomassa; e por fontes não renováveis, como petróleo, gás natural e carvão mineral. Considerando dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico, a potência instalada de geração no Brasil está em torno de 181 GW, sendo por fonte hidrelétrica 109.249 MW, o que representa 60,22% do total gerado; eólica 23.637 MW (13,03%); energia solar 7.153 MW (3,94%); térmica (óleo, diesel, gás, biomassa) 39.392 MW (21,71%); e nuclear 1.990 MW (1,1%). (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2022).

O subsistema de transmissão é composto por linhas de 230 a 800 kV, predominantemente em 230 e 500 kV, num total de 179.311 km. Já o subsistema de distribuição é composto, segundo a Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE), por redes de AT (alta tensão), MT (média tensão), BT (baixa tensão) e GD (geração distribuída), num total 3.888.717 km, para atendendo a 86,7 milhões de clientes (ABRADEE, 2023).

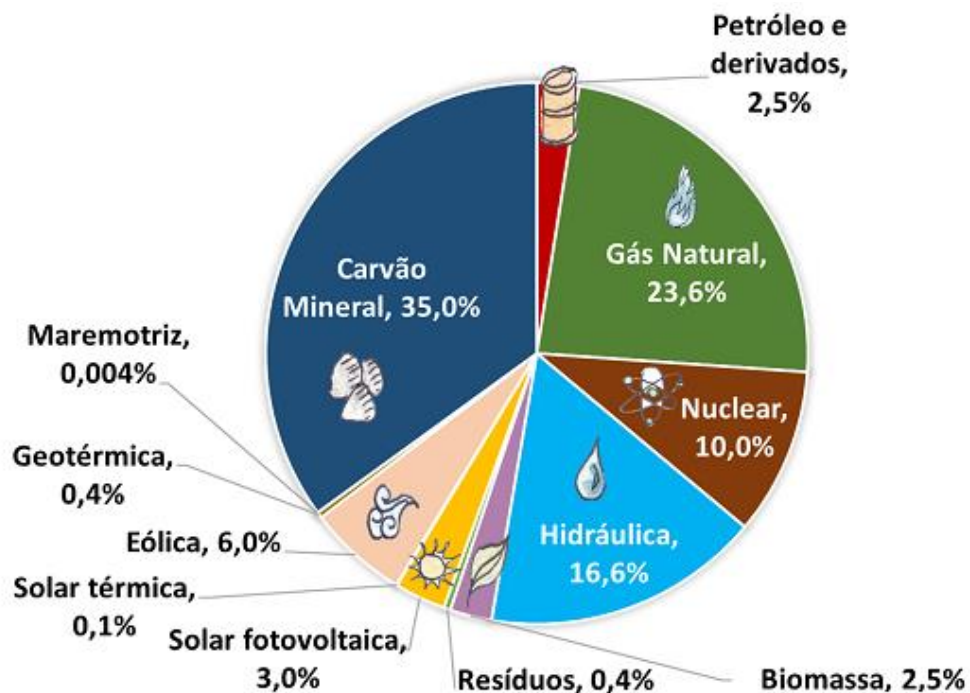
O gráfico 1, abaixo, mostra percentualmente a matriz elétrica brasileira, composta de fontes predominantemente renováveis, com dados de 2022. O percentual de energia solar de apenas 2,5% não inclui a energia proveniente de painéis fotovoltaicos instalados em instalações residências e comerciais, referindo-se apenas à oriunda de usinas solares conectadas com o sistema elétrico. Já o gráfico 2, abaixo, mostra que a matriz elétrica mundial, diferentemente da brasileira, é predominantemente composta por fontes não renováveis.

Gráfico 1 - Matriz elétrica brasileira



Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022a)

Gráfico 2 - Matriz elétrica mundial



Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022b)

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) conta com os seguintes agentes para a sua gestão (BRASIL, 2021):

- a) Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), responsável pela formulação de políticas e diretrizes de energia que assegurem o suprimento de insumos energéticos a todas as áreas do país;
- b) Ministério de Minas e Energia (MME), órgão do governo federal responsável pela condução das políticas energéticas do país;
- c) Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), que tem a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletro energético em todo o território nacional;
- d) Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que tem as atribuições de regular e fiscalizar produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- e) Empresa de Planejamento Energético (EPE), que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético;
- f) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que é responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país;
- g) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), cuja principal função é gerenciar e fiscalizar o mercado de energia, viabilizando a compra e venda de energia no país (dados extraídos dos sites do MME e EPE).

O setor elétrico brasileiro é um dos mais importantes e estratégicos na composição da infraestrutura da economia brasileira, pois está presente em todas as cadeias produtivas de bens e serviços, contribuindo para garantir o bem-estar da sociedade. O mercado de energia elétrica opera de forma regulada e conta com um conjunto de empresas concessionárias nos segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização (GTDC) e agentes para coordenação, planejamento e controle. Para o planejamento da expansão do SEB, a Empresa de Planejamento Energético (EPE), criada para direcionar e orientar a política energética nacional, elabora planos de expansão da capacidade de geração e transmissão de energia e estudos específicos com base na coleta e na sistematização de informações do setor.

Destacam-se dois grandes estudos no processo de planejamento: o Plano Nacional de Energia (PNE) e o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE). Ambos são de responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Para o processo de planejamento, tem-se, ainda, na estrutura o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), órgão do governo que subsidia processos de tomada de decisão em temas relacionados à Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica (CASTRO; MATSUMARA, 2022).

O PNE tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento, sendo um instrumento que avalia tendências na produção e no uso da energia, balizando as estratégias alternativas para expansão da oferta de energia de décadas seguintes. O PNE 2050, por exemplo, aponta a necessidade de estudos contínuos, dada a relevância social e econômica das metas de descarbonização. Já o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) é elaborado anualmente, sempre com um horizonte à frente de dez anos e, por isso, possui uma maior capacidade de previsão. O PDE é um documento informativo voltado para a sociedade, com indicação das perspectivas de expansão futura do setor de energia sob a ótica do Governo no horizonte decenal (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023).

Sobre a qualidade do fornecimento de energia do SEB, os principais indicadores coletivos de continuidade, definidos pela Aneel, para medir a qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras são:

- a) Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), que mostra as horas, em média, que um determinado conjunto de consumidores ficou sem energia por mais de três minutos;
- b) Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), que mostra o número de interrupções que um determinado conjunto de consumidores, em média, sofreu interrupções superiores a três minutos.

Existem também os indicadores individuais de continuidade do fornecimento de energia elétrica (DIC, FIC, DMIC e DICRI) e o Índice de Satisfação do Consumidor (IASC), a saber (ANEEL, 2022a):

- a) Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC) - intervalo de tempo em horas que ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão;
- b) Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC) - número de interrupções ocorridas, no período de apuração (mensal, trimestral e anual), em cada unidade consumidora ou ponto de conexão;
- c) Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC) ou ponto de conexão - dado pelo tempo máximo, em horas, de interrupção contínua de energia elétrica em uma unidade consumidora ou ponto de conexão;
- d) Duração da Interrupção Individual em dia Crítico por unidade consumidora (DICR) - corresponde à duração de cada interrupção ocorrida em dia crítico. Os limites dos indicadores DIC e FIC são definidos para períodos mensais, trimestrais e anuais; o limite do indicador DMIC é definido para períodos mensais; e o limite do indicador DICRI é definido para cada interrupção em dia crítico.

Com respeito aos aspectos de tecnologia e inovação do setor elétrico, a superintendência de pesquisa e desenvolvimento da Aneel, em 2017, solicitou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) um estudo de prospecção tecnológica e diagnóstico da CT&I do SEB, no qual deveriam ser mapeadas as necessidades tecnológicas ao atendimento da demanda nacional por energia até 2050. De acordo com os dados levantados, o cumprimento da cadeia de inovação e a inserção de um produto original no mercado ainda não é uma realidade no SEB, pois a maioria dos projetos desenvolvidos no Programa de P&D, regulado pela Aneel, é finalizada como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. O estudo mostra, por exemplo, que poucos projetos que dizem respeito a energia solar fotovoltaica e geração hidroelétrica alcançaram a inovação e foram colocados em prática, correspondendo a menos de 9% dos 818 projetos realizados pelo Programa de P&D no período de 2008 a 2016 (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2017).

Com respeito a indicadores para medir o desempenho das inovações do SEB, de acordo com as regras ainda em vigor, a agência define no Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica que os resultados dos projetos de P&D devem ser avaliados utilizando-se os critérios de originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade dos custos. A cada critério é atribuída uma pontuação que determinará a nota do projeto, a qual definirá sua aprovação, total ou parcial, ou, ainda, sua reprovação.

De acordo com o já citado estudo da CGEE, de 2017, estes quatro indicadores para avaliação dos projetos são muito restritivos ao processo inovativo das empresas e ao direcionamento das estratégias de inovação no SEB, pois não levam em consideração fatores como acumulação de conhecimento e interações entre atores, os quais seriam valorizados se a Aneel adotasse uma abordagem sistêmica de inovação. Nessa direção, Ziviani e Ferreira (2017), em estudo buscando analisar práticas organizacionais relacionadas à inovação em empresas do setor elétrico brasileiro, verificaram que a inovação perpassa uma organização como um todo, tanto em nível estratégico quanto operacionais, devendo ser desenvolvida numa visão sistêmica de todos os processos envolvidos na gestão da inovação organizacional.

Nesse entendimento, Sanches (2019) afirma que, para compreender em que medida o Programa de P&D da Aneel pode colaborar para o desenvolvimento de inovações tecnológicas nas empresas do SEB, é necessário que seja definido um conjunto de indicadores relacionados à inovação e aprendizagem tecnológica, de modo a analisar a interação dessas companhias com outros atores do setor, como universidades, centros de pesquisas, empresas fornecedoras do Setor Elétrico, das áreas de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica.

Falando especificamente sobre o Programa de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação do setor elétrico brasileiro, coordenado pela Aneel, de acordo com a Lei nº 9.991 de 2000, ele tem como principal objetivo estabelecer regras e procedimentos operacionais de cumprimento da obrigação de aplicação de recursos em PDI, mediante sistemáticas de execução, monitoramento, avaliação e prestação de contas dos investimentos realizados, com acompanhamento dos resultados e dos benefícios alcançados.

A Aneel é responsável por regulamentar a forma de investimento dos recursos destinados ao programa de P&D, cujas diretrizes e procedimentos relativos à submissão, prazos, áreas estão previstas no Manual do Programa de Pesquisa e

Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, o qual define como objetivo central do Programa de P&D da Aneel alocar adequadamente os recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem originalidade, aplicabilidade, relevância e viabilidade econômica de produtos e serviços nos processos e usos finais da energia.

Todas as empresas distribuidoras, transmissoras e geradoras dos serviços de energia elétrica são obrigadas a investir em P&D, exceto aquelas que geram energia de fontes eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada. Esses recursos são distribuídos em projetos de P&D da seguinte forma: a) 40% recolhidos para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); b) 40% destinados para projetos de pesquisa e desenvolvimento, segundo regulamentos estabelecidos pela Aneel e; c) 20% recolhidos ao 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 (ANEEL, 2012).

A gestão do programa de P&D da Aneel é feita por um sistema de autenticação e carregamento de formulários e relatórios, acessado exclusivamente pela Aneel e pelas empresas do setor elétrico que são obrigadas a investir um percentual de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em P&Ds. Os investimentos em P&D devem ser orientados para temas estratégicos ou prioritários, buscando estimular o desenvolvimento de invenções e inovações tecnológicas relevantes para o SEB. Os temas estratégicos são aqueles cujo desenvolvimento é de interesse nacional e de grande relevância para o setor elétrico e são definidos por meio das Chamadas de Projetos de P&D Estratégicos propostas pela Aneel, e todo projeto deverá ser enquadrado em um determinado tema. No caso de projetos que abordem mais de um tema ou que apresentem temas transversais em relação aos que já foram definidos, deve-se enquadrar a proposta no tema predominante. Os temas para investimento são: fontes alternativas de geração de energia elétrica; geração termelétrica; gestão de bacias e reservatórios; meio ambiente; segurança; eficiência energética; planejamento de sistemas de energia elétrica; operação de sistemas de energia elétrica; supervisão, controle e proteção de sistemas de energia elétrica; qualidade e confiabilidade dos serviços de energia elétrica; medição, faturamento e combate a perdas comerciais (ANEEL, 2022b).

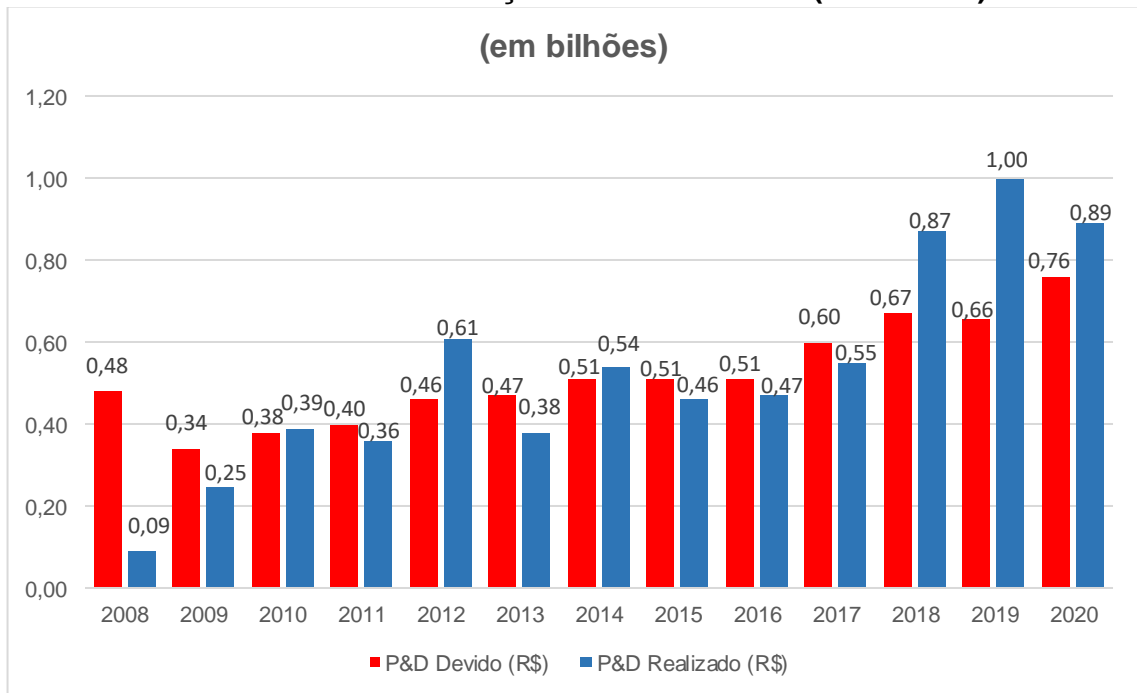
A Aneel disponibiliza um relatório interativo por meio do qual são disponibilizadas as informações sobre os projetos e investimentos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizados nos últimos 13 anos. Os dados mostram que parte significativa dos recursos disponibilizados nesse período não foram investidos no desenvolvimento de novas tecnologias para o sistema elétrico. No período de 13 anos, em sete anos os investimentos realizados foram abaixo dos valores disponibilizados (P&D devido), conforme se observa por meio da Tabela 1.

Tabela 1 – Programa de Pesquisa e Desenvolvimento: Movimentação financeira (2008-2020)

ANO	P&D Devido (R\$)	P&D Realizado (R\$)	%
2008	478.833.479,47	94.866.456,68	19,81%
2009	343.150.086,43	251.232.463,81	73,21%
2010	383.576.196,46	385.299.118,66	100,44%
2011	397.168.988,53	362.413.460,96	91,25%
2012	461.452.564,02	608.508.349,01	131,86%
2013	468.553.616,13	378.832.495,27	80,85%
2014	508.844.851,19	541.915.161,34	106,50%
2015	513.020.832,35	461.233.344,21	89,85%
2016	513.310.248,65	468.867.565,88	91,34%
2017	598.426.979,86	553.384.387,67	92,47%
2018	666.980.422,63	870.999.626,59	130,59%
2019	655.410.160,18	1.003.186.662,57	150,41%
2020	763.075.040,30	888.448.894,92	116,43%

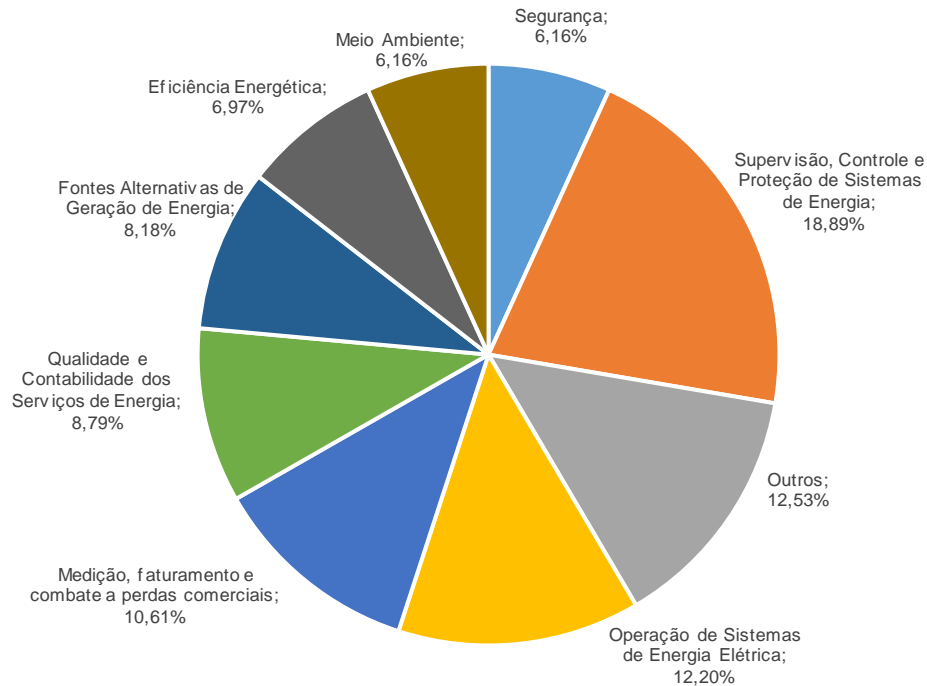
Fonte: ANEL, 2022d

O gráfico 3, a seguir, mostra em formato de coluna a movimentação financeira apresentada na tabela 1, com os valores em bilhões.

Gráfico 3 – Movimentação Financeira P&D (2008-2020)

Fonte: ANEL, 2022a

A partir de 2008, o Programa de P&D da ANEEL passou a adotar as chamadas temáticas, de modo a direcionar os recursos do PDI para projetos considerados estratégicos. O gráfico 4 apresenta em percentual os temas utilizados no período de 2008 a 2020. Observa-se pelo gráfico que o tema Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas de Energia é o com o maior percentual (18,89%); e os temas com menor percentual são o de Meio Ambiente e o de Segurança, com 6,16% cada. Interessante observar também que o tema Fontes Alternativas de Geração de Energia ainda apresenta um percentual relativamente baixo, se considerarmos que o cenário exige intensificar os investimentos em fontes de energia que não emitam gases de efeito estufa.

Gráfico 4 – Percentual de cada tema (2008-2020)

Fonte: ANEL, 2022a

Ao completar vinte anos do PDI, a Aneel divulgou um vídeo à sociedade no YouTube, com as principais realizações do Programa de P&D e do Programa de Eficiência Energética (PEE). Sobre o P&D, segundo esse vídeo o orçamento do programa nos primeiros vinte anos de existência foi em média de 550 milhões de reais por ano, estando envolvidos em torno de 300 agentes, incluindo empresas reguladas e participantes dos projetos como: universidades, centros de pesquisa, consultorias e prestadores de serviço. Já o total de recursos investidos no período de 2000 a 2020 foi de 7,62 bilhões, com 6.061 projetos apresentados e 4.247 aprovados, com 325 registros de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Cerca de 1.200 pesquisadores que participaram nos projetos realizados receberam títulos de pós-graduação, mais de 3000 artigos técnicos foram publicados em periódicos nacionais e internacionais, além de melhorias em laboratórios e centros de pesquisa no Brasil. Quanto ao programa de eficiência energética, o qual visa promover o uso eficiente e racional de energia elétrica no país, os principais resultados nos vinte anos do Programa são os seguintes: 4.850 projetos concluídos; 5,9 bilhões investidos; investimento médio anual em torno de 550 milhões de reais (ANEEL, 2020).

Apesar destes números significativos, no entendimento de Bin *et al.* (2015), o setor elétrico brasileiro é tipicamente comprador de inovações e o programa de P&D

coordenado pela Aneel enfrenta dificuldades na produção de tecnologias inovadoras, com baixa implementação de projetos desenvolvidos com recursos do Programa por problemas na lógica da política de incentivo à inovação no setor ou pela ausência de mecanismos de tomada de decisão que apoiem as empresas na geração de benefícios a partir de seus esforços de pesquisa.

O Manual de P&D da Aneel de 2008 define o processo de avaliação dos projetos de P&D em duas etapas: avaliação inicial e avaliação final. A primeira etapa é opcional; a última, obrigatória. Em ambas, o foco das avaliações é o resultado do projeto frente ao investimento previsto ou realizado. Excetuando-se projetos estratégicos ao setor e ao país, a avaliação inicial é feita pela empresa regulada e tem como objetivos principais identificar se o projeto se caracteriza como atividade de P&D e avaliar sua relevância frente aos desafios tecnológicos e de mercado do SEB. A decisão pela execução ou não de um determinado projeto de P&D é única e exclusiva da empresa, que deverá contabilizar seus gastos em relatório de execução financeira. Os resultados dos projetos de P&D serão avaliados utilizando-se os critérios, de originalidade; aplicabilidade; relevância; e de razoabilidade dos custos. Todos os projetos de P&D deverão ser submetidos à auditoria contábil e financeira, ao final de sua execução. A avaliação final será realizada pela Aneel e ocorrerá somente após o envio dos relatórios final e de auditoria pela empresa. A critério da superintendência responsável pela avaliação do projeto, poderá ser solicitada à área de fiscalização técnica da ANEEL a averiguação de informações descritas no Relatório Final. Após a avaliação final, com base nos relatórios apresentados pela empresa detetora do projeto e pela área de fiscalização da ANEEL, ocorrerá o reconhecimento do investimento considerado pertinente (ANEEL, 2008).

Mesmo havendo alguns critérios para seleção e avaliação dos projetos de P&D da Aneel, na prática, os resultados alcançados não vêm se alinhando completamente aos propósitos definidos para o Programa quando da sua criação, pelo fato de a maioria dos projetos desenvolvidos ser voltada para resolver problemas operacionais dos agentes, aproximando-se a atividades rotineiras de engenharia, o que descaracteriza de certo modo a atividade de P&D (POMPERMAYER; DE NEGRI; CAVALCANTI, 2011). Sem divergir desse entendimento, Castro e Rovere (2021) consideram também ser fundamental que as empresas do setor elétrico brasileiro sejam motivadas a estruturar seus projetos de P&D em redes de inovação, de forma

a atrair parcerias e recursos de outros setores, o que proporcionaria maior consistência e sustentabilidade aos projetos.

Ainda que haja pouca informação sobre as reais mudanças provocadas pelas inovações nas empresas do SEB, percebe-se que as ações de P&D ficam mais direcionadas ao cumprimento das obrigações impostas pelo órgão regulador, deixando uma lacuna de seu objeto como característica social (FURTADO *et al.* 2019). Nessa mesma direção, Nascimento *et al.* (2013) sugerem que o desenvolvimento de projetos de P&D ocorre mais em decorrência de pressões institucionais do que por interesse do gestor do projeto, o qual prefere priorizar projetos que possibilitem maior rentabilidade financeira no curto prazo e sem preocupações com os aspectos de sustentabilidade.

Questões contratuais e pouca experiência na condução de atividades e projetos de P&D podem conduzir a maioria das empresas a um modo de implementação e gestão dos projetos que não favorece sua otimização e alinhamento aos objetivos estratégicos das empresas e o desenvolvimento tecnológico do setor elétrico (CARVALHO; SANTOS; BARRETO NETO, 2014). Entre as dificuldades apontadas, destacam o baixo envolvimento de diretores e gestores com as rotinas da área de P&D, seja para nortear prioridades ou mesmo para definir diretrizes estratégicas, os quais se preocupam mais em cumprir imposição regulatória da Aneel do que com a gestão eficaz dos projetos. Os autores afirmam haver um grande potencial para a melhoria do programa, desde que as empresas adotem sistemas de gerenciamento dos projetos de P&D orientados, de fato, para a geração e difusão de inovações.

Castro *et al.* (2020), no livro intitulado Programa de P&D da Aneel: Avaliação & Perspectivas, apontam uma séria de dificuldades que acabam prejudicando o Programa, como: o excesso de processos burocráticos, a ponto de profissionais com grande potencial de contribuição se sentirem desencorajados a assumir a gestão de projetos; dificuldades em estimular projetos de P&D com foco nos grandes desafios do setor elétrico e alto grau de inovação; inflexibilidade na alocação de recursos nos projetos, de forma a desconsiderar as especificidades de diferentes etapas da cadeia de inovação; empecilhos na transformação de protótipos em produtos; projetos de P&D conduzidos pelas empresas para a resolução de problemas técnicos pontuais, os quais muitas vezes não refletem as necessidades gerais do setor elétrico, e; falta de uma visão mais estratégica do programa de P&D, estruturada com base nas demandas da sociedade e tendências tecnológicas.

Em um estudo para avaliar a eficiência do uso dos recursos de P&D, Oliveira e Bonacelli (2019) colocam que as organizações públicas de pesquisa enfrentam obstáculos pela limitação imposta por sua natureza pública, leis e regulamentos complexos, estrutura tecnológica e organizacional inadequada e falta de estratégia e prioridade. Entendem que, para melhorar seus resultados e ganhar competitividade, os projetos de P&D devem ser transdisciplinares, colaborativos e disporem de volume significativo de orçamento e estrutura organizacional de gestão adequada.

Neste contexto, Castro *et al.* (2018) afirmam ser necessário que a Aneel passe a adotar indicadores sistêmicos para a avaliação dos projetos de P&D que permitam um mapeamento de todo o processo de inovação do SEB, pois uma visão linear limita a análise do processo inovativo. Entendem então ser fundamental ir além de indicadores de entrada, saída e impacto, como os que estão sendo usados pela Aneel, passando a adotar um conjunto de indicadores que permitam uma visão mais abrangente da inovação. Nesse sentido, o estudo de Castro sugere seis indicadores de inovação baseados numa abordagem sistêmica de inovação, que poderão servir de apoio para uma proposta de aprimoramento do Programa de P&D da Aneel. São eles: indicadores de esforço inovador, indicadores de aprendizado, indicadores de cooperação, indicadores de desempenho tecnológico, indicadores de impacto direto em competências e indicadores de fomento a startups

2.3 A inovação do setor elétrico mundial no cenário da transição energética

A transição energética impõe que o setor elétrico adote novos conceitos ligados a Indústria 4.0, Internet da eletricidade (IoE), Inteligência Artificial (AI) ou Big Data/Analytics, Smart Grid Technology, entre outros. Investimentos em tecnologias como *grid analytics*, *cloud computing* ou *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) permitem analisar o comportamento dos consumidores, aprimorar as operações na rede, diagnosticar defeitos, melhorar a previsão de carga e otimizar o despacho, merecendo destaque a mudança do papel do consumidor em função dos avanços tecnológicos e novos modelos de negócios. No caso das empresas do setor elétrico brasileiro a introdução dessas tecnologias é mais complexa, pois o sistema é de natureza regulada e de dinâmica tecnológica relativamente lenta (BERNI, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2023).

No Fórum Econômico Mundial de 2018, três tecnologias foram apontadas como as que iriam promover mudanças revolucionárias no setor elétrico, quais sejam as direcionadas à descentralização da eletrificação, a descarbonização e a digitalização de sistemas. Estes três mecanismos de transformação do setor elétrico estariam sendo integrados ao contexto de transição energética como os 3Ds da energia. A descentralização ocorrendo por meio da intensificação das fontes renováveis de energia, como a fotovoltaica, eólica, biocombustíveis; a digitalização passando pela Internet das Coisas (*Internet of Things, IoT*), *Big Data*, *Data Analysis*, *Blockchain* e Inteligência Artificial (IA); e a digitalização por possibilitar o aumento da flexibilidade de todo o sistema elétrico, tornando-o mais participativo pelo alto volume de troca de dados e informações, facilitando as negociações entre geradores e consumidores (OECD, 2018; ESFERA BLOG, 2022; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2023).

A Agência Internacional de Energia Renovável (*International Renewable Energy Agency - IRENA*), em matéria intitulada *Re-organizing Power Systems for Transitions*, de 2022, destaca que o momento é de reformulação profunda do mix energético no curto prazo, à medida que a geração de eletricidade renovável se torne mais barata e escalável, fornecendo, por conseguinte, soluções para descarbonização do planeta. Enquanto isso, a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*) manifesta preocupação com respeito a desafios específicos relacionados a minerais críticos necessários para o desenvolvimento de muitas tecnologias de energia limpa que devem estar alinhadas aos padrões ambientais, sociais e de governança, isso pelo fato de haver distribuição geográfica desigual de recursos minerais críticos no planeta, o que irá exigir colaboração internacional e parcerias estratégicas para garantir a segurança do abastecimento (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2022a; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

As tecnologias limpas vão desempenhar, cada vez mais, papel fundamental na transformação da indústria de energia e no apoio à descarbonização, como entende a *S&P Global Commodity Insights*, instituição provedora de informações sobre energia e commodities, e fonte de avaliações de preços de referência nos mercados físicos de commodities do setor elétrico mundial, a qual tem apoiado investidores em investimentos com tecnologias de energia emergentes que estejam na vanguarda da transição energética. Destacam-se entre as fontes de energia limpas, a expansão da energia solar e eólica, viabilização do hidrogênio verde e desenvolvimento de baterias

com alta capacidade de armazenamento de energia, as quais irão favorecer e inserir o consumidor na produção, venda e armazenamento de energia (ESTEVEZ *et al.*, 2016; S&P GLOBAL COMMODITIES INSIGHT, 2023).

Neste mesmo entendimento, Di Silvestre *et al.* (2018) consideram a descarbonização, descentralização e digitalização como principais impulsionadores da mudança na transição energética, mas alertam que para isso grandes desafios se impõem às partes interessadas, uma vez que essas mudanças afetam os modos de gestão de recursos e de modelos de mercado e exigem readequação de infraestruturas para se colocarem em conformidades ambientais e de sustentabilidade.

Vale ressaltar que a energia hidrelétrica mesmo sendo considerada uma fonte limpa, ainda pode contribuir para a descarbonização do planeta por sua flexibilidade e capacidade de armazenamento, uma vez que permite aumentar e diminuir a geração de eletricidade muito rapidamente em comparação com outras fontes de energia. Por apresentarem essas características, são fundamentais na integração com outros tipos de geração de energia elétrica, como é o caso da eólica e solar, cuja produção pode variar, dependendo de fatores como o clima e em que momento do dia ou do ano (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

Sobre usinas hidrelétricas, de acordo com um estudo de Scherer e Pfister (2016), o metano e gás carbônico oriundos de hidrelétricas podem, em alguns casos, se aproximar às emissões de usinas termelétricas. O estudo de cerca de 1.500 barragens hidrelétricas concluiu que a pegada de carbono geral de uma hidrelétrica era, em média, muito maior do que se pensava anteriormente, com uma média global de 173 kg de CO₂ e 2,95 kg de CH₄, emitidos por MWh de eletricidade produzida. No entanto, ainda abaixo das fontes de energia fóssil sem o uso de tecnologias de captura e sequestro de carbono.

As emissões de hidrelétricas também podem vir do desmatamento para abrir barragens, e de outras atividades durante a construção. O metano produzido pela fermentação da vegetação inundada em um reservatório pode ser uma fonte importante de emissão de gás metano, além de o impacto climático ser relevante na primeira década de operação de uma barragem. Um caso muito representativo desse tipo de situação ocorreu no Brasil com a construção da Usina Hidrelétrica de Balbina, construída entre 1985 e 1989, no estado do Amazonas, formando um enorme lago sem o desmatamento da floresta existente, o que fez com que essa hidrelétrica fosse

considerada mais eficiente em emitir gases de efeito estufa do que propriamente gerar energia (FONSECA, 2013).

Com relação à sustentabilidade no contexto da transição energética, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis pode, de fato, ter um papel determinante na segurança energética e facilitação de estilos de produção e consumo mais limpos nas indústrias e residências, proporcionando, adicionalmente, aumento de empregos verdes e oportunidades econômicas (GATTO; DRAGO, 2021). Nesse cenário, visando cumprir seus compromissos internacionais ao abrigo dos Acordos de Paris, a União Europeia vem buscando promover uma transição energética abrangente, com o incremento de energias renováveis num sistema energético mais descentralizado, no qual os consumidores são incentivados a se tornarem produtores da energia que consomem (prossumidores) (HANKEE; LOWITZSCH, 2020). Para os autores, a inclusão de consumidores vulneráveis nas Comunidades de Energias Renováveis requer que os legisladores estejam cientes da necessidade de uma estrutura consistente e facilitadora, de modo a aumentar a capacidade de as comunidades incluírem grupos que ainda permanecem sub-representados.

O chamado prossumerismo de energia renovável se apresenta com expectativas de contribuir para sistemas mais sustentáveis e justos, com o alcance de resultados ecologicamente corretos, prósperos e seguindo padrões alinhados às questões ambientais e sociais. A inovação deve ser de tal modo a reduzir o consumo de energia e recursos, promovendo atividades econômicas sustentáveis, principalmente voltadas para os mais vulneráveis. Além disso, deve ser elemento fundamental na solução de questões relacionadas às mudanças climáticas, à segurança energética e à governança de recursos naturais (SOVACOOOL, 2021; WITTMAYER *et al.*, 2021)

Sobre esse tema, no caso do Brasil, o Plano Nacional de Energia de 2050, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, destaca que o processo de transição energética tem foco na descentralização da eletrificação; na descarbonização, com a intensificação da utilização de fontes renováveis como a solar, a eólica e a de biocombustíveis; e na eficiência energética, catalisada pela digitalização. O PNE 2050 prevê que muitos desafios terão que ser superados para o Brasil atender o compromisso de zerar as emissões líquidas de gás carbono (*net zero carbon emissions*) até 2050, conforme definido no acordo de Paris, por questões de

viabilidade econômica ou técnica, passando pelos desdobramentos socioambientais, regulatórios e outros (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020).

Enfatizando a sustentabilidade como valor fundamental para a sociedade na transição energética, Lasso *et al* (2021) observaram que a política energética nacional não tem feito o suficiente para incorporar a sustentabilidade em seu processo decisório, uma vez que as questões socioambientais não vêm sendo devidamente tratadas na seleção de projetos de energia renováveis, incluindo o fato de a análise socioambiental desses projetos não abranger todo o ciclo de vida das tecnologias de geração de eletricidade por fontes renováveis de energia.

Além dos aprimoramentos tecnológicos para aumentar a eficiência de tecnologias que já estão sendo utilizadas para a geração de energia renovável (solar, eólica, oceânica, geotérmica, biomassa), merece destaque, pela atenção e pelos investimentos para enfrentar os desafios da transição energética, o hidrogênio verde (H₂V), que tem sido objeto de pesquisa em diversos países, incluindo o Brasil. Com possibilidade de substituir os combustíveis derivados de fontes fósseis, como gasolina, diesel, gás e carvão, essa fonte de energia é considerada, em renomados centros de pesquisa, como o grande diferencial para o futuro. Nesse contexto, a *Connecting Green Hydrogen Europe* (CGHE) irá reunir, em julho de 2023, cientistas de vários países para discutir o desenvolvimento de soluções e inovações para produção de hidrogênio com baixo teor de carbono e formas eficientes para armazenamento e distribuição, visando, para meados da próxima década, à possibilidade de comercializar o hidrogênio verde como um produto convencional de energia limpa e renovável (CONNECTING GREEN HYDROGEN EUROPE, 2023).

O hidrogênio tem o potencial de atuar como um grande provedor de energia quando comparado aos combustíveis fósseis, por ser altamente energético e com a vantagem de poder ser produzido sem emissão de carbono. Contudo, sua produção ainda é basicamente pela reforma a vapor de carbono, utilizando-se combustíveis fósseis (gás natural, petróleo e carvão). O hidrogênio verde (H₂V), produzido a partir de fontes renováveis, é considerado elemento crucial para a transição energética, mas a sua produção está demandando muitos estudos para que seja viabilizado em larga escala e obtido pela eletrólise da água, podendo a partir daí ser transportado, armazenado e utilizado de forma confiável e segura, razão pela qual vultosos investimentos estarem sendo feitos para colocar o H₂ verde no panorama energético futuro (AMORIM; CRISAFULLI; LINARES, 2023; BAUM *et al.*, 2022).

Para reduzir emissões de gases e confrontar as mudanças climáticas, entre as tendências de tecnologias limpas para 2023 estão: rápida expansão da fabricação local de componentes para energia solar e baterias de alto rendimento; expansão da geração distribuída; redução de empecilhos burocráticos às energias renováveis; incrementação da fabricação de turbinas eólicas; captura, utilização e armazenamento de hidrogênio e carbono (*Hydrogen and Carbon Capture, Utilization, and Storage - CCUS*). A CCUS do hidrogênio e do carbono ganhará impulso, por meio de parcerias estratégicas e de colaboração e vão surgir grandes oportunidades para uma gama mais ampla de opções de tecnologia de energia limpa (S&P GLOBAL COMMODITIES INSIGHT, 2023).

Boa parte das novas tecnologias utilizadas no setor de energia serão de menor porte, modulares e dependentes cada vez mais de inovações de alta tecnologia em evolução em outros setores, parceria com empresas menores, sendo que as *startups* irão desempenhar papel relevante para o crescimento dessas tecnologias modulares (POPP *et al.*, 2020). Enquanto isso, a Innovolo Group (2023) coloca a inovação modular numa abordagem que considera o desenvolvimento de novos produtos ou serviços com base na melhoria e no refinamento de componentes de um sistema, por meio da reavaliação de design, materiais e de recursos já existentes, visando a melhorias incrementais em um determinado produto sem reformulá-lo completamente. O princípio subjacente à inovação modular seria inovar um produto ou sistema complexo existente, dividindo-o em partes ou módulos menores, manipulando-o para melhorar elementos individuais sem necessariamente alterar o seu design geral (INNOVOLO GROUP, 2023).

Sob as perspectivas de desenvolvimento de tecnologias de energia limpa, em 2020, em relatório intitulado *Energy Technology Perspectives 2020*, o IEA alerta que o desenvolvimento de tecnologias de energia limpa pode levar mais de uma década, desde o primeiro protótipo até o momento da comercialização, caso não sejam implementadas políticas que acelerem os cronogramas de inovação para que esse tipo de inovação avance da forma mais rápida possível. O relatório sugere que sinergias entre setores podem acelerar os ciclos de inovação, e que o desenvolvimento de tecnologias menos intensivas em capital pode reduzir os riscos de investimento na fase de desenvolvimento, facilitando a padronização e a produção em massa, além de incentivar a inovação por meio da concorrência, trazendo produtos

aprimorados ao mercado mais rapidamente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

Num estudo sobre investimentos convencionais versus investimentos verdes, Khalil e Nimmanunta (2021) consideram que uma decisão integrada de sustentabilidade ambiental muitas vezes impõe restrições às empresas em termos de custos adicionais, mas se tais integrações forem bem administradas e executadas, elas podem vislumbrar potenciais oportunidades de negócios, traduzindo esse esforço em práticas sustentáveis e melhor desempenho financeiro, simultaneamente.

Corroborando as vantagens financeiras de investimentos sustentáveis, Chen *et al.* (2021), em um estudo sobre ações de responsabilidade social, concluíram que investimentos que levam em consideração os aspectos sociais e ambientais têm atraído ultimamente a atenção mundial, por seu potencial na promoção da sustentabilidade e segurança do investimento. Resultados empíricos do estudo mostraram que uma carteira de investimentos que contempla projetos de responsabilidade social pode ser mais vantajosa em muitos aspectos do que uma de investimentos tradicionais, pois simultaneamente garante consistência aos investimentos e atende a todos os aspectos da sustentabilidade.

Nesta ótica de sustentabilidade, a economia circular ganha força, e é onde os sistemas elétricos, pela diversidade de aparato eletromecânico e eletroeletrônico, apresentam um grande potencial para o desenvolvimento de inovações alinhadas aos preceitos da economia circular. Instituições e agências da União Europeia estão aumentando cada vez mais a conscientização sobre a agenda da economia circular, incentivando as partes interessadas do mercado a se envolverem em comportamentos sustentáveis de produção e consumo, de modo a reduzir, reutilizar, restaurar, reformar e reciclar recursos materiais em todos os estágios das cadeias de valor (CAMILLERI, 2020).

2.3.1 A sustentabilidade do setor elétrico nas perspectivas da economia circular, da transição energética e do ESG

Três pilares criam práticas sustentáveis e as suas diretrizes levam a tomadas de decisão mais assertivas que podem ser explicadas, segundo os princípios Ambiental, Social e de Governança, do inglês *Environmental Social Governance* (ESG), da seguinte forma: o pilar ambiental concentra-se nas questões que envolvem as

emissões de gases de efeito estufa, na dependência de combustíveis fósseis e no esgotamento dos recursos naturais; o pilar social se volta a práticas éticas, visando aos interesses da sociedade, a forma como as organizações e empresas tratam os funcionários, como priorizam os direitos humanos e lidam com comunidades sub-representadas; o pilar da governança (econômico) se direciona a ações que tragam valor ao acionista, receita e crescimento, numa estratégia financeira de sustentabilidade corporativa. Negócios sustentáveis não implicam colocar o crescimento econômico acima da importância da sustentabilidade social e ambiental (MASTERCLASS, 2022).

Já há um reconhecimento por parte de muitos investidores da importância da inovação verde para a melhoria do desempenho financeiro e ambiental das empresas, numa abordagem mais holística dos investimentos (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2018). Os autores sugerem a incorporação rápida de práticas de ESG no procedimento de alocação de ativos, incluindo indicadores ambientais, sociais e governança (ESG), priorizando-se investimentos sustentáveis para melhorar os resultados da inovação e atrair cada vez mais investidores ambientalmente proativos.

Broadstock *et al.* (2021) verificaram que carteiras com alto desempenho em ESG superaram os benefícios socioambientais de carteiras de baixo ESG e que um bom desempenho desse quesito se associa positivamente a bons retornos de capital investido. Adicionalmente, os investidores podem interpretar iniciativas de ESG como um sinal de bom desempenho futuro das ações e/ou de mitigação de risco em tempos de crise.

Ao investigar o impacto de atividades de ESG em empresas do setor de energia e como isso afeta o retorno dos investidores, Wanday e El Zein (2022) identificaram uma relação positiva entre ESG e retorno ao investidor, com benefícios também a funcionários, clientes e outros, o que, segundo os autores, tem motivado muitas empresas a se esforçarem na busca por melhores práticas ESG. Outro aspecto é que muitos investidores demandam métricas de avaliação de ESG que permitam analisar minuciosamente como as empresas poderão competir no cenário de mudança para energia livre de carbono.

O problema é que vem ocorrendo muitos casos nos quais o ESG não passa de marketing, sem ações concretas de sustentabilidade. Essas práticas de marketing de sustentabilidade, que não se sustentam verdadeiramente nos pilares social e ambiental, são chamadas lavagem verde ou *greenwashing*. Trata-se de um

comportamento antiético que ameaça um futuro sustentável em virtude de uma falsa comunicação de marketing que qualifica produtos não sustentáveis e prejudica o valor dos produtos verdes, enfraquecendo, desse modo, a capacidade de o cliente escolher produtos verdadeiramente sustentáveis. Essa situação só será contida quando o consumidor tiver acesso a informações confiáveis, transparentes, rastreáveis e invioláveis de um determinado produto, beneficiando aqueles que de fato se interessam por produtos ecológicos (NYGAARD; SILKOSET, 2022).

Sobre a importância de um equilíbrio dos pilares ESG na inovação, Monteiro *et al.* (2021) ponderam que qualquer discussão efetiva sobre ESG não pode ter um olhar exclusivamente voltado à eficiência da governança, e acrescentam que, sem uma agenda mais ambiciosa, que inclua o atendimento aos critérios ambientais e sociais, mesmo que isso represente arcar com custos mais altos de produção, não há como colocar em prática estratégias inovadoras sustentáveis.

Nesse sentido, Suksen, Sanrattana e Suwanno (2020), em um estudo sobre indicadores de governança, afirmam que medidas voltadas a conformidade legal, integridade e ética (*compliance*), mecanismos de prestação de contas (*accountability*), justiça, transparência, prestígio, controle gerencial e financeiro, bem como recursos gerenciais para avaliação, controle e monitoramento de desempenho se enquadram apenas no pilar da governança.

Na lógica do ESG, é urgente intensificar formas mais sustentáveis de negócios, com a adoção de políticas sustentáveis em todo o ciclo de vida de desenvolvimento de produtos, passando pela geração de energia limpa, redução do desperdício, prevenção a poluição, conservação da água e uso de materiais energeticamente eficientes (MAKRIDOU, 2022). Os resultados de um estudo de Hysa *et al.* (2020) mostram uma correlação forte e positiva de uma economia circular para o crescimento econômico, ao mesmo tempo em que enfatiza o papel crucial do investimento em iniciativas sustentáveis para evitar o desperdício e promover a riqueza.

Uma economia circular pode ser definida como um modelo econômico voltado para o uso eficiente de recursos, por meio da minimização de resíduos, retenção de valor no longo prazo, redução de recursos primários, utilização de peças e outros componentes, dentro dos limites de proteção ambiental, com benefícios ambientais e socioeconômicos (MORSELETTO, 2020).

Durante o Fórum de Davos (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020) discutiu-se a importância da economia circular no setor elétrico, apontando-a como uma ruptura

radical aos antigos modelos lineares de produção linear de consumo, sugerindo um modelo circular que invista em tecnologia de negócios baseada na longevidade, renovação, reutilização, reforma, compartilhamento de capacidade e desmaterialização. No evento, foi proposto que equipamentos e componentes de empresas do setor elétrico que já estiverem fora do sistema possam ser recapturados, reaproveitados ou reciclados, pois a ampliação de seu uso traz benefício duplo de reduzir ou eliminar o desperdício e, ao mesmo tempo, extrair valor perdido desses componentes.

Já no *World Economic Forum* de 2022, em uma matéria intitulada *The circular economy: how it can lead us on a path to real change*, mencionou-se que as preocupações com o clima estão pressionando os modelos econômicos e de negócios tradicionais de abordagens lineares a mudarem para modelos de ciclos fechados, nos quais o desperdício é minimizado e os recursos são reutilizados. Assim, mesmo em empresas com modelos de negócios inerentemente lineares, como as de petróleo e gás ou de mineração, poderiam ser introduzidos elementos de circularidade em suas operações.

Quando se trata do ciclo de vida da energia renovável, a maior preocupação é como lidar com o descarte de resíduos, pois mesmo fontes de energias renováveis, como a solar e a eólica, também utilizam materiais que podem poluir o meio ambiente e afetar a saúde humana (FOLK, 2020). Por isso o autor considera que, para as fontes de energia renováveis serem utilizadas de forma verdadeiramente sustentável, é essencial desenvolver tecnologias para o reaproveitamento dos materiais descartados por essas fontes. Corroborando, em um estudo sobre gestão de resíduos de empresas do setor elétrico global, Maia *et al.* (2021) observaram a necessidade de melhor gestão de resíduos nos relatórios de sustentabilidade para o setor de energia das empresas analisadas, tendo seu estudo mostrado que 55% do total de resíduos gerados nas empresas analisadas foram enviados para aterros sanitários, embora a maior parte fosse reciclável.

A propósito, Cole *et al.* (2019), em um estudo sobre a reutilização de equipamentos elétricos e eletrônicos no setor elétrico do Reino Unido, concluíram haver fatores interconectados que limitam as oportunidades e instâncias de reutilização desses componentes, seja devido à relutância por parte dos fabricantes, infraestrutura de coleta inadequada, ou mesmo por questões culturais nas empresas, sendo, portanto, necessário compreender essas barreiras para que sejam criadas

oportunidades de reutilização desses materiais rumo a uma economia circular eficiente.

Nessa lógica, Pollard *et al.* (2021), colocam que, diante da escassez de matéria-prima e ao mesmo tempo de quantidades crescentes de resíduos, o setor elétrico e o de equipamentos eletrônicos tornam-se foco importante na transição para a economia circular, o que pressupõe a necessidade de criar indicadores de circularidade para esse tipo de material e com isso ajudar a garantir que as ações de economia circular propostas sejam mensuráveis e informadas aos *stakeholders* interessados no processo. Nesse mesmo entendimento, Soares *et al.* (2020), pontuam que o aperfeiçoamento de equipamentos e maquinários de geração, transmissão e de distribuição pode gerar benefícios para toda a sociedade com suporte dos recursos de P&D, proporcionando soluções para o aumento do bem-estar daqueles cidadãos que não têm acesso à energia elétrica e que vivem em áreas de isolamento social.

Uma transição energética verdadeiramente sustentável significa incluir a economia circular desde a fase de projeto. Além disso, é necessária uma mudança radical para a energia renovável, afastando-se, sempre que possível, do gás natural e do petróleo e direcionando-se para outras fontes de energia como a solar, eólica, hidrogênio, geotérmica, ou outra tecnologia de emissão zero, como as suportadas por baterias especiais, com anodos de lítio e silício, de alta capacidade de armazenamento. Prevê-se que a partir da próxima década haja a desativação de 78 milhões de toneladas de painéis por ano no planeta e que as pás das turbinas eólicas poderão ser responsáveis por aproximadamente 43 milhões de toneladas de resíduos (PRICE WATER COOPERS, 2022).

2.4 Considerações finais do capítulo

O referencial teórico, aqui revisado, apresenta um panorama do setor elétrico brasileiro e das dificuldades pelas quais tem passado o Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) da Aneel, principalmente com relação à definição de procedimentos mais assertivos para estimular as empresas desse setor e seus parceiros a empreenderem projetos de pesquisa que tragam os resultados esperados para o Programa. A literatura mostrou as tendências tecnológicas do setor elétrico mundial, destacando inovações voltadas às práticas de sustentabilidade e uso eficiente dos recursos naturais, ratificando que negócios sustentáveis são aqueles que

buscam um equilíbrio dos três pilares básicos da sustentabilidade, e não mais os que colocam o crescimento econômico acima da importância dos eixos social e ambiental.

O capítulo seguinte trata dos recursos metodológicos e das estratégias de pesquisa para a elaboração do estudo.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa teve por objetivo geral identificar os principais problemas de gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do setor elétrico brasileiro, analisando como estes problemas estão sendo tratados na nova Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 1.045/2023, e ainda se as diretrizes e os procedimentos apresentados na Resolução estão em consonância com os pilares básicos da sustentabilidade, que o cenário atual de transição energética demanda. Para isso, foram definidos como objetivos específicos: a) identificar na literatura os principais problemas que vêm dificultando a gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) e as recomendações recebidas pela Aneel para a melhoria; b) revisar a literatura mundial sobre o que há de mais recente em termos de inovação e sustentabilidade no setor elétrico; c) analisar se os indicadores recomendados para avaliar os resultados do Programa e demais procedimentos de gestão, como acompanhamento, monitoramento e controle das tecnologias desenvolvidas, estão em consonância com os pilares de inovação sustentável.

Desse modo, para fins deste trabalho foi feita uma pesquisa descritiva, de abordagem qualitativa e de caráter bibliográfico e documental. De acordo com Borges *et al.* (2020, p. 78), uma pesquisa científica, quanto a seu objetivo, pode ser caracterizada como exploratória, descritiva ou explicativa, sendo a pesquisa exploratória utilizada quando o meio científico possui pouco conhecimento sobre o assunto, o assunto inexistente ou ainda foi pouco explorado; a pesquisa descritiva se preocupa em compreender e caracterizar com mais profundidade um fenômeno ou objeto específico; já a pesquisa explicativa visa identificar as causas ou consequências de um determinado fenômeno, ou como uma variável influencia outra.

Quanto à abordagem do problema, uma pesquisa pode ser qualitativa, quantitativa ou de métodos mistos; e quanto aos procedimentos metodológicos, pode ser caracterizada como estudo de caso, *survey*, bibliográfica, documental, entre outros (BORGES *et al.*, 2020). Sobre pesquisa documental, para Gil (2008), ela se assemelha à bibliográfica, diferenciando-se desta pela natureza das fontes, já que a documental se vale de materiais que não receberam um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa, podendo receber outras interpretações.

Neste estudo, foram utilizadas fontes primárias de dados, sites, revistas especializadas, relatórios, livros, artigos científicos, bem como os seguintes documentos: Consulta Pública Aneel n.º 69/2021; Relatório de Auditoria TCU (Processo 036.882/2020-8), de 10/11/2021; e Resolução Normativa Aneel nº 1.045, objeto principal de análise do estudo.

Para a revisão da literatura, foram pesquisados vários artigos científicos e outros documentos, buscando-se extrair o que de mais recente está sendo discutido no setor elétrico mundial em termos de tecnologias destinadas à geração e ao fornecimento de energia sustentável e aderente à realidade climática do planeta. A revisão também contemplou a leitura completa e detida de trabalhos científicos sobre a inovação no setor elétrico brasileiro, incluindo a pesquisa a sites de agentes do setor, como Aneel, MME, ONS, EPE, ABRADÉE, IPEA e outros, buscando informações sobre o SEB e o Programa de Inovação coordenado pela Aneel.

Foram feitas pesquisas sobre o tema em base de dados como a *Web of Science*, *Google Scholar*, *Science Direct*, *Scielo*, *Academia.Edu*, *Research Gate* e *Scholarpedia*. As buscas foram realizadas com palavras-chave, expressões e nomes de autores, como: *Social Investment*, *Renewable Energies*, *Innovation in Power Sector*, *Sustainability in Electrical Sector*, *Trends in Energy Sector*, *ESG (Environmental Social Governance)*, *Circular Economy*; *Lifecycle Assessment*, *Reuse of Electrical Components*, *Reuse of Waste in Electrical Sector*, *Energy Technologies Perspectives* e *Emerging Technologies in Power Sector*.

A verificação da pertinência dos artigos ao estudo em questão se deu inicialmente pelas leituras dos títulos, das palavras-chave, resumos e conclusões, realizando em seguida uma pré-seleção daqueles que poderiam ajudar a explicar os conceitos de interesse do projeto dessa dissertação de mestrado. Ao final da leitura desses tópicos, eram selecionados os textos mais pertinentes para fichamento, sendo coletadas e sintetizadas as informações mais relevantes para serem colocadas no referencial do trabalho. Dos vários artigos selecionados para leitura, a princípio pertinentes para suporte ao estudo, depois de uma análise mais atenta, foram descartados aproximadamente trinta e cinco por cento deles, por apresentarem divergências ou inconsistências de dados com os resultados alcançados.

Colocando em números, inicialmente, foram identificados 90 artigos com possibilidade de serem aproveitados para o estudo, sendo lidos apenas os títulos e as palavras-chave. Destes, 70 foram selecionados para leitura de resumos, palavras-

chave, subtítulos e conclusões. Por último, 59 artigos foram lidos completamente para a revisão teórica. Desse modo, de uma amostra inicial de 90 artigos, 31 foram descartados.

Muitas consultas foram também realizadas em sites de empresas do setor elétrico, como a Aneel, Operador Nacional do Sistema, Empresa de Planejamento Energético, Ministério de Minas e Energia e em estudos específicos sobre o PDI Aneel. O interesse maior foi em levantar dados sobre o desempenho do programa, com atenção especial aos entraves que as empresas de energia estavam enfrentando no desenvolvimento dos projetos de P&D, bem como as recomendações feitas para a melhoria do Programa. Após a leitura do material, as informações mais relevantes foram sintetizadas e colocadas diretamente no trabalho. De qualquer modo, foram pesquisados em torno de 100 sites, dos quais 45 foram utilizados no trabalho.

Para a avaliação do conteúdo da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022, um dos objetos deste estudo, as primeiras leituras do documento foram feitas tentando observar se os principais problemas de gestão que vêm dificultando o bom andamento do programa estavam sendo tratados na Resolução e quais eram as determinações para sua solução. Para tal, foi elaborada uma lista com os principais questionamentos e recomendações de melhoria sobre o programa, e, de posse dessa lista, verificava-se se tais questionamentos estavam sendo objeto de preocupação na nova resolução. As leituras seguintes objetivaram levantar os aspectos de inovação e sustentabilidade da Resolução. Nesse momento, a leitura era feita com a intenção de verificar se o documento continha procedimentos de fato voltados às necessidades do setor elétrico e de seus usuários, de modo a promover atividades tecnológicas inovadoras e estratégicas para o desenvolvimento sustentável, econômico, social e ambiental.

Na coleta de dados da Resolução, atenção especial foi dada aos objetivos, aos princípios e diretrizes do PDI, e aos processos de execução, monitoramento e avaliação do Programa, buscando identificar as possibilidades de aplicação dos investimentos compulsórios e os instrumentos de gestão constituídos para atender às diretrizes e metas estratégicas prioritárias estabelecidas no âmbito do PDI Aneel, além dos indicadores adotados para analisar o desempenho da inovação das empresas e demais resultados esperados para o Programa.

Na avaliação do conteúdo da Resolução, buscou-se identificar não apenas aspectos de desburocratização, flexibilização, transparência, monitoramento e recursos para avaliação da eficiência técnica dos projetos, mas também como

estavam sendo consideradas as questões socioambientais (inclusão social, redução da emissão de gases de efeito estufa; redução de resíduos, melhoria de qualidade do ar, água e solo e outros).

Vale ressaltar que a nova Resolução é fruto dos vários questionamentos feitos ao longo da existência do Programa, muitos deles já citados na introdução e no referencial teórico deste estudo, e de sugestões que serão apresentadas posteriormente neste estudo, colhidas na Consulta Pública Aneel nº 69/2021, a qual teve o objetivo de subsidiar o aprimoramento da nova Resolução. Desse modo, antes de analisar o conteúdo da Resolução nº 1.045, foi feita uma leitura da Consulta Pública, para verificar quais eram os principais questionamentos e sugestões ali colocados. No capítulo seguinte serão apresentados e discutidos os principais pontos identificados na pesquisa, os quais poderão impactar o futuro do PDI da Aneel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando que esta pesquisa buscou identificar os principais problemas de gestão do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do setor elétrico brasileiro, analisando como estes problemas estão sendo tratados na nova Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 1.045/2022, e ainda se as diretrizes e os procedimentos apresentados na Resolução estão em consonância com os pilares básicos da sustentabilidade, que o cenário atual de transição energética demanda. Por se tratar de uma pesquisa descritiva, de abordagem qualitativa e de caráter bibliográfico e documental, os resultados e as discussões serão apresentados considerando uma fase a ser chamada de diagnóstico, conforme o referencial bibliográfico, e uma fase de avaliação da nova Resolução à luz dos pilares de sustentabilidade e inovação tecnológica.

4.1 Diagnóstico do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI)

Conforme o referencial teórico, o Quadro 1 apresenta os problemas que mais impactaram o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento da Aneel, no âmbito do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI).

Quadro 1 - Principais problemas dos projetos de P&D da Aneel no âmbito do PROPDI

AUTORES	PRINCIPAIS PROBLEMAS
POMPERMAYER <i>et al.</i> (2011); IPEA (2012)	Baixo envolvimento dos agentes com a execução das atividades de P&D; necessidade de maior alinhamento dos projetos às estratégias das empresas; necessidade de ações de divulgação do programa no sentido de aumentar a competição pelos recursos; baixo rigor na seleção dos projetos; não divulgação das melhores práticas de gestão dos projetos; dificuldade para a contratação de pesquisadores; impossibilidade de criação de empresas para comercialização dos produtos desenvolvidos; projetos iniciados e não concluídos, projetos concluídos e não colocados em prática; recursos disponibilizados e não investidos.
BIN <i>et al.</i> (2015)	Limitações burocráticas.
ABGI CONSULTORIA, (2017)	Priorizados projetos sem aderência às demandas do mercado, focalizando, em sua maioria, atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.

(continua)

(conclusão)

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (2017)	Cumprimento da cadeia de inovação e a inserção de um produto original no mercado ainda não é uma realidade no SEB; maioria dos projetos desenvolvidos no Programa é finalizada como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental; os projetos de P&D não vêm sendo foco das empresas; falta de alinhamento com outras políticas públicas de CT&I; pouca integração dos agentes setoriais com a indústria; falta de cultura de planejamento de longo; regulamentação detalhista e complexa; não alinhamento de temas prioritárias da ANEEL com os dos agentes e da academia; redundância na solicitação das informações; falta de alinhamento da fiscalização da ANEEL sobre o conceito de PD&I e propósito do Programa; critérios subjetivos de avaliação técnica dos projetos pela ANEEL; insegurança de aprovação; dificuldades no enquadramento de projetos às regras vigentes; cultura empreendedora pouco presente nas empresas e universidades; academia com vocação de pesquisa sem produto.
LIMA; ROVERE; SANTOS (2018)	Taxa de introdução de inovações no mercado muito pequena; soluções tecnológicas pontuais e restritas aos seus desenvolvedores em vez de fomentar a inovação adequadamente.
CASTRO <i>et al.</i> (2018)	Critérios inadequados para avaliação de projetos. Necessidade de: alterar a ênfase excessiva em resultados; criar indicadores que induzam um enfoque prático na escolha dos projetos de P&D; ampliar o conceito de inovação adotado no programa para uma visão sistêmica; definir indicadores internos para mensuração da qualidade do P&D de forma a minimizar o risco de glosa.
SOARES <i>et al.</i> (2020)	Necessidade de aprimoramento dos processos gerenciais das empresas do setor elétrico incluindo a desburocratização da prestação de conta.
SCHAPPO <i>et al.</i> (2021)	Desinteresse das empresas de energia do SEB nos investimentos de P&D, dadas as condições não favoráveis de retorno do capital investido.
BRASIL. Tribunal de Contas da União (2021b)	Deficiência de gestão, falta de transparência, inadimplência das empresas do setor na aplicação dos recursos disponibilizados, fragilidades nos controles internos quanto à aplicação dos recursos e até mesmo projetos não alinhados aos objetivos do Programa; necessidade de maior transparência para possibilitar o acompanhamento da execução dos recursos investidos em P&D pela sociedade; indicadores existentes insuficientes para mensuração da eficiência do Programa de P&D; necessidade de incorporação de medidas que permitam melhor gerenciamento e avaliação do Programa; falhas de divulgação das ações de fiscalização feitas pela ANEEL; baixa aplicação dos recursos de P&D pelas empresas do setor.

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando o exposto no Quadro 1, tem-se abaixo, após uma análise crítica, as principais recomendações para melhorar o desempenho do portfólio de projetos do PROPDI:

- a) Reduzir a burocracia e morosidade na avaliação dos projetos e prestação de contas;
- b) Promover a cultura da inovação;
- c) Incentivar a formação de rede com diferentes *stakeholders*;
- d) Alinhar os projetos às estratégias das empresas;
- e) Estabelecer temas prioritários e visão de futuro do setor elétrico;
- f) Considerar inovação como oportunidade de negócio;
- g) Sistematizar a divulgação dos resultados e boas práticas;
- h) Promover articulações com outros agentes e políticas públicas;
- i) Ampliar o conceito de inovação para uma visão sistêmica e não-linear;
- j) Revisar os estágios da cadeia de inovação empregados na avaliação dos projetos de P&D;
- k) Reavaliar métricas de avaliação de projetos;
- l) Desenvolver ferramentas gerenciais para monitorar os resultados, inclusive na fase pós-projeto;
- m) Estabelecer incentivos para projetos de maior risco tecnológico ou que busquem gerar inovações disruptivas;
- n) Definir metas e indicadores para o acompanhamento, controle avaliação dos resultados alcançados;
- o) Incentivar a participação de novos atores (empresas aceleradoras e startups);
- p) Desenvolver mecanismos de consulta aos stakeholders para priorização de temas e tecnologias;
- q) Simplificar o processo de avaliação dos projetos de P&D;
- r) Difundir e estimular a troca de experiências.

Nesta fase de diagnóstico, além do referencial bibliográfico, também foram consideradas as recomendações da Consulta Pública Aneel nº 69/2021, que teve o objetivo de colher subsídios para a elaboração da Resolução Normativa nº 1.045/2022, a saber:

- a) Desenvolver ações para um gerenciamento de projetos mais profissional, pois certamente um dos motivos de fracassos nas pesquisas é a falta de conhecimento em boas práticas de gerenciamento de projetos;

- b) Estabelecer as regras e os procedimentos operacionais de cumprimento da obrigação de aplicação de recursos em PDI, mediante sistemáticas de execução, monitoramento, avaliação, acompanhamento dos resultados, benefícios alcançados, reconhecimento e prestação de contas dos investimentos realizados;
- c) Definir ferramenta para acompanhar a evolução do desenvolvimento dos projetos em cada etapa;
- d) Definir novos temas para investimento, visto que existem outros alinhados às diretrizes do governo, às tendências de mercado, como mobilidade elétrica; sistema de armazenamento de energia; geração de energia a partir de resíduos sólidos; internet das coisas (IoT) e digitalização, que são mecanismos que podem contribuir e melhorar muito para a eficiência e produtividade do setor elétrico);
- e) Desenvolver soluções inovadoras em conjunto e consonância com o setor produtivo nacional, universidades e instituições de ciência, tecnologia e inovação voltadas às necessidades do setor elétrico e seus usuários, pois o PDI deve atender às necessidades de toda a população brasileira e não somente do setor elétrico;
- f) Desenvolver campanhas de comunicação para que a população brasileira tenha mais conhecimento sobre a transição energética, que requer o desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias e serviços no setor elétrico. Essa disseminação de informações e conhecimento seria benéfica não só no sentido de maior adesão e disseminação das inovações, promovendo um setor elétrico mais eficiente e mais resiliente, mas também no sentido de promover a descentralização do setor;
- g) Simplificar e tornar mais transparentes os procedimentos para gerenciamento do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PROPDI;
- h) Promover a cooperação entre os agentes do setor elétrico e entre estes e as instituições de pesquisa, desenvolvimento e inovação e entidades correlatas;
- i) Dar maior transparência ao processo, de modo a facilitar o acesso da sociedade às informações dos planos estratégicos. Para tal, sugere-se divulgar, de forma consolidada, os planos estratégicos quadrienais

institucionais dos portfólios de programas de PDI das empresas de energia elétrica no site da Aneel, e não apenas nos sites das concessionárias, permissionárias e autorizadas;

- j) Estender o destino dos recursos do Programa também a startups, consultorias e outros players, em prol de maior flexibilização dos projetos e priorização de produtos comercializáveis;
- k) Adotar nova dinâmica na gestão dos portfólios, programas e projetos, para estimular a formação de redes de inovação, com a participação dos diversos atores do processo;
- l) Avaliar e reconhecer os recursos utilizados e resultados de projetos interrompidos por motivos fundamentados e justificados, tomando como base o que tiver sido feito até o momento da paralisação, pois é necessário que a ANEEL reconheça o esforço obtido com a iniciativa inovadora;
- m) Definir premiação, ou algum tipo de benefício, não apenas a cada empresa que cumprir todos os indicadores pré-estabelecidos no Plano Estratégico Quinquenal de Inovação (PEQul), mas também àquelas que apresentarem evolução contínua em inovação, sendo aplicada a glosa somente em último recurso.

Como a nova Resolução da Aneel é o principal foco de atenção deste estudo, na seção seguinte serão apresentados os aspectos mais relevantes da Resolução nº 1.045 que visam ao aprimoramento da gestão do PDI do setor elétrico brasileiro.

4.2 Análise da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022

A Aneel afirma ter identificado a necessidade de uma nova regulamentação para aprimorar as regras e os procedimentos operacionais de cumprimento da obrigação de aplicação de recursos em PDI, dentro dos conceitos mais modernos de inovação, os quais não estão plenamente refletidos nas regras atuais do PDI do setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2021b). Assim, foi então elaborada a Resolução Normativa Aneel nº 1.045, com o propósito de definir novas diretrizes de modo a colocar a inovação como propulsora permanente da evolução e transformação do SEB, sendo instrumento de inserção de soluções no mercado.

A nova resolução visa orientar as empresas de energia elétrica reguladas a envidar esforços no sentido de aprimorar os seus processos de inovação e geração de novos produtos, serviços e negócios, tendo, entre seus objetivos, o desenvolvimento sustentável e a transição energética. A expectativa é que a essa iniciativa venha a contribuir para a criação de um ambiente de inovação voltado à transição energética e à modernização do setor elétrico, gerando resultados práticos do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Neste estudo serão analisadas as mudanças mais relevantes da nova Resolução Normativa 1.045/2022 em relação aos procedimentos anteriores regulados pela Aneel, especialmente os colocados na Lei nº 9.991/2000. As mudanças mais significativas da Resolução Normativa nº 1.045/2022, segundo a própria agência, são as que visam à criação de um ambiente mais favorável à inovação, incluindo novas formas de controle, monitoramento e avaliação dos recursos aplicados (ANEEL, 2022f). Nesse sentido, destacam-se as seguintes mudanças:

- a) Plano Estratégico Quinquenal de Inovação (PEQuI);
- b) *Technology Readiness Level* (TRL) ou Nível de Maturidade Tecnológica para monitorar e avaliar o desenvolvimento dos projetos (TRL);
- c) Adoção de procedimento de avaliação multiatributo das empresas e respectivos portfólios (Avaliação Multiatributo de Portfólio);
- d) Possibilidade de as empresas do setor elétrico poderem trabalhar com startups no desenvolvimento dos projetos.

4.2.1 Plano estratégico quinquenal de inovação (PEQuI)

Segundo a Aneel, o PEQuI é um instrumento contido no PROPMI que consolida o planejamento de médio e longo prazo do PDI Aneel, contendo objetivos estratégicos, metas e indicadores de acompanhamento. Objetiva consolidar papel, valores e objetivos a serem alcançados pelo PDI Aneel no quinquênio 2023–2028, como também o ciclo de monitoramento e avaliação da execução dos portfólios das empresas do SEB para alcance dos resultados. A Aneel define como principais pontos do PEQuI os seguintes:

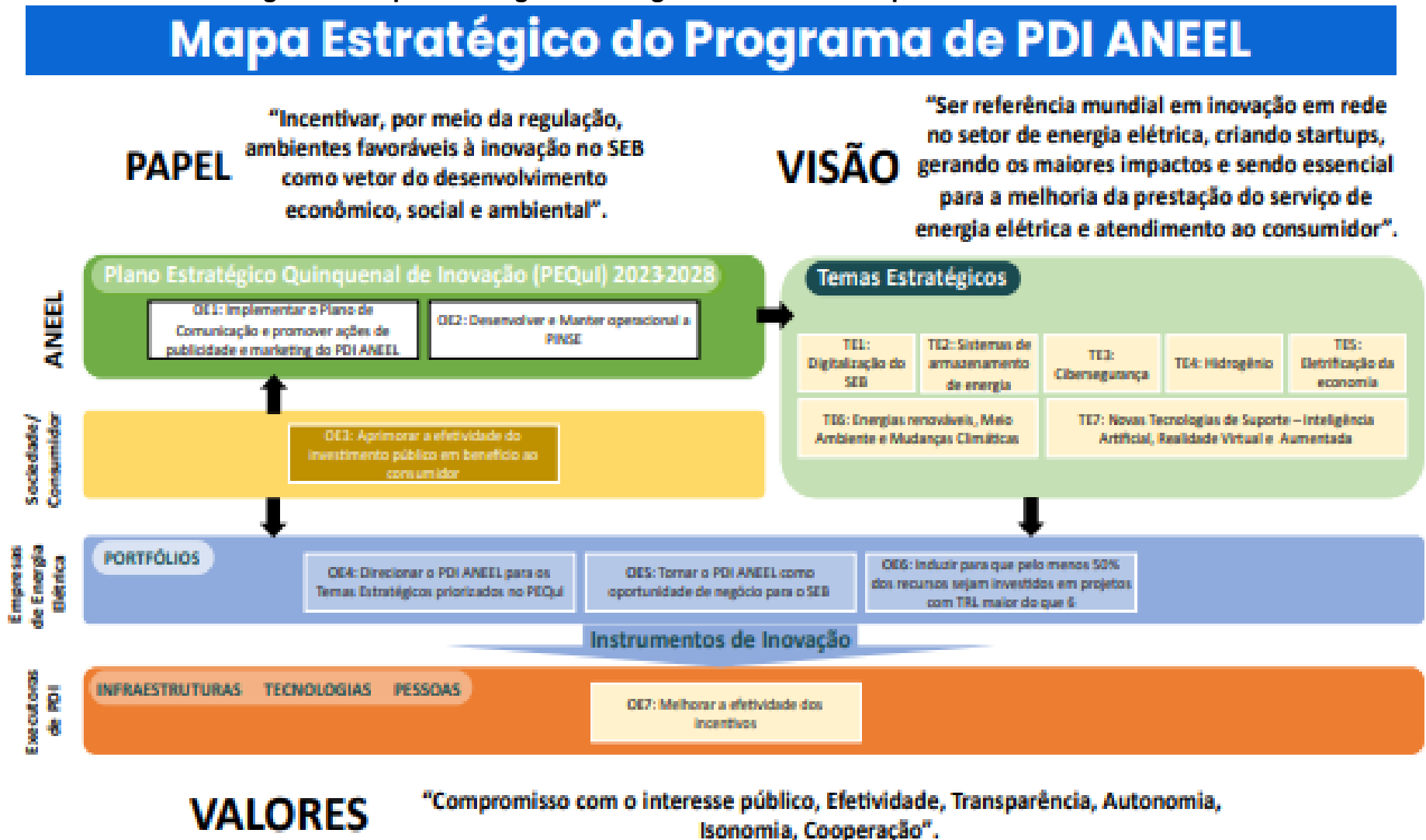
- a) O PEQul é composto de objetivos estratégicos para seus agentes regulados, alinhados com as diretrizes do PDI Aneel, as quais são definidas pelas políticas públicas federais vigentes ou por sinais regulatórios da Aneel.;
- b) No PEQul são definidas as metas estratégicas para a inovação no quinquênio estabelecido, as quais serão objeto de atendimento pelos resultados dos portfólios de inovação das empresas reguladas, mediante indicadores definidos a cada Plano;
- c) As empresas reguladas devem elaborar seus planos estratégicos de inovação e seus portfólios de inovação tendo em vista os objetivos estratégicos do Programa PDI. Elas podem elaborar seus próprios planos estratégicos quinquenais institucionais, contendo o conjunto de objetivos de interesse individual de cada empresa;
- d) O PEQul visa estimular que resultados mínimos sejam alcançados, ao estabelecer objetivos e temas estratégicos a serem perseguidos pelas empresas do setor, com respectivos indicadores e metas, usando indicadores de desempenho dos portfólios das empresas para verificar o andamento dos Planos Estratégicos Individuais, avaliar e reconhecer os valores investidos, saindo do modelo de avaliação por projeto para o modelo de avaliação por resultados;
- e) As Diretrizes Estratégicas do PEQul 2023–2028, conforme definidas no PROPDI são: inovação como propulsora permanente da evolução e transformação do SEB; inovação como indutora do desenvolvimento sustentável nacional; inovação voltada à liderança tecnológica na transição energética; cultura da inovação como indutora de novas competências técnicas no país; inovação como instrumento de inserção de soluções no mercado, e; inovação como instrumento de política pública e regulação;
- f) Os objetivos estratégicos se aderem à Política Nacional de Inovação, a partir da perspectiva do PDI Aneel e por meio de investimentos realizados pelas empresas do setor que resultem em produtos inovadores para o setor elétrico;
- g) Os portfólios de inovação das empresas reguladas serão monitorados pela Aneel com base em conjuntos de indicadores de uso dos recursos, de acompanhamento, intermediários, de resultados e de impactos. As empresas reguladas devem elaborar seus planos estratégicos de inovação

e seus portfólios de inovação tendo em vista os objetivos estratégicos do PDI.

A figura 1 a seguir, apresenta o Mapa Estratégico do Programa de PDI Aneel para o PEQul 2023-2028, com sete temas estratégicos e sete objetivos estratégicos (TEs e OEs) para esse período, alinhados às diretrizes e procedimentos definidos na Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022. Dos 7 temas estratégicos apresentados, 5 estão em sintonia com as tendências tecnológicas emergentes apresentadas no referencial teórico deste estudo (Digitalização do SEB, Armazenamento de Energia, Hidrogênio Verde, Energias Renováveis e Novas Tecnologias de Suporte). Ainda que não comentado no referencial teórico, o TE3 da figura (Cibersegurança), por se referir a práticas de proteção de ativos de informação (computadores, servidores, entre outros sistemas) contra ameaças cibernéticas, tem relação com o TE1 (digitalização do SEB). Já o TE5 (Eletrificação da Economia) tem relação com a descentralização de energia, tema abordado no referencial teórico deste trabalho, considerando-se que esse tema envolve a substituição de energia à base de combustíveis fósseis por energia renovável, podendo beneficiar o setor de transportes pela disponibilização de pontos de recarga de energia elétrica ao longo das estradas para o abastecimento de veículos elétricos.

Embora presente nas tendências tecnológicas apresentadas no referencial teórico deste estudo, a questão da economia circular não é abordada nem na nova resolução da Aneel nem no PEQul. De qualquer modo, há espaço para discutir essa questão dentro do TE6 (Energias Renováveis, Meio Ambiente e Mudanças Climáticas) e do OE4 (Direcionar o PDI para Temas Estratégicos do PDI), de modo que as empresas venham a incluir em seus portfólios de projetos inovações tecnológicas aderentes aos aspectos de revitalização e reaproveitamento defendidos na economia circular.

Figura 1 - Mapa Estratégico do Programa de PDI Aneel para o PEQuI 2023-2028



Fonte ANEEL 2023

4.2.2 Níveis de maturidade tecnológica

A nova resolução da Aneel define a metodologia *Technology Readiness Level* (TRL) ou Nível de Maturidade Tecnológica (NMT) para verificar a prontidão tecnológica de um determinado projeto de pesquisa. Entre as vantagens da utilização da metodologia TRL apontadas na resolução, estão: avaliar a possibilidade de a tecnologia ser introduzida no mercado e o tempo necessário para isso; estimar os investimentos e os riscos financeiros; avaliar a possibilidade de permanência no mercado; definir qual é a demanda tecnológica e o potencial de desenvolvimento; ajuda a medir o progresso da atividade de PDI das empresas de energia elétrica e na tomada de decisões relativas ao desenvolvimento e à transição da tecnologia. A escala dessa metodologia varia de TRL1, tecnologia sendo descoberta até TRL9, quando a tecnologia está pronta para entrar no mercado. De acordo com o mapa estratégico da figura 1, o Objetivo Estratégico 6 (OE6) é o seguinte: *Induzir para que pelo menos 50% dos recursos sejam investidos em projetos com TRL maior que 6.*

Embora seja fundamental a definição de métricas para a mensuração do desenvolvimento dos projetos de P&D, é necessário, todavia, uma boa discussão sobre que métricas devem ser de fato adotadas na avaliação dos resultados desses projetos, e quais devem servir apenas ao monitoramento da execução do PEQuI. A priorização de recursos a projetos com possibilidade de atingir níveis mais altos de maturidade tecnológica (maior do que 6) requer melhor análise, visto que tal decisão pode não promover o resultado desejado, podendo até minar o caráter inovador dos projetos de P&D ou desencorajar iniciativas criativas pelo risco de os resultados planejados não serem alcançados, incorrendo a glosas. Outro aspecto que precisa ser levado em conta é que nem todo projeto inovador gera retorno financeiro e nem por isso deixa de ser relevante ao setor, como é o caso de projetos que se enquadram dentro de inovações incrementais, ou que possuam alto grau de intangibilidade, como é o caso daqueles voltados à segurança dos operadores do sistema ou de terceiros. Para projetos dessa natureza, outros tipos de indicadores de monitoramento e de avaliação de resultados devem ser discutidos. De qualquer modo, o PEQuI se encontra em elaboração e ajustes podem estar sendo feitos com base nas sugestões recebidas pela Aneel até maio deste ano.

4.2.3 Startups

Nos termos do PROPDI, startups são organizações empresariais ou societárias nascentes, ou em operação recente, cuja atuação caracteriza-se pela inovação aplicada a modelo de negócios ou a produtos, ou serviços ofertados. As *startups* podem ser apoiadas com recursos do PDI regulado pela ANEEL, sendo contratadas como executoras em projetos ou programas de PDI, PDI estratégico ou ainda por meio de chamadas públicas exclusivas para *startups*.

A Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 define que as *startups* podem ser contratadas para colaboração com as empresas reguladas na busca e aceleração de soluções inovadoras para desafios nos temas de interesse do SEB, desde que não haja nenhuma participação das empresas reguladas e seus funcionários no capital dessas *startups*. No desenvolvimento de atividades com startups, podem ser incluídas a aceleração e a escalabilidade dessas empresas, respectivos custos, além dos custos de execução do projeto, ou programa.

Vale salientar que a nova resolução busca estar em consonância com a Lei Complementar nº 182, de 1º de junho de 2021, também conhecida como Lei das Startups, que institui o marco legal das *startups* e do empreendedorismo inovador. O marco legal das *startups* é considerado um grande avanço para a atividade econômica e tecnológica no país, estando pautado no reconhecimento da inovação como vetor de desenvolvimento econômico, social e ambiental (BRASIL, 2022). Assim, ao definir que empresas *startups* podem ser contratadas com recursos do Programa PDI regulado pela Aneel, a resolução vai ao encontro de um dos propósitos da Lei Complementar nº 182, de 1º de junho de 2021, de incentivar a constituição de ambientes favoráveis ao exercício da atividade empresarial, bem como valorizar a segurança jurídica e de liberdade contratual.

4.2.4 Avaliação multiatributo de portfólio

As empresas de energia que fazem parte do Plano Estratégico de Inovação serão avaliadas de forma individual e coletiva, através das metas e indicadores estabelecidos previamente. No PDI Aneel, cada indicador, que será estabelecido no Plano Estratégico Quinquenal de Inovação (PEQuI), terá associado valores mínimos, equivalentes a metas, e quando a empresa superar essas metas

mínimas, poderá se apropriar de parte dos resultados financeiros do portfólio de projetos. No entanto, caso as metas não sejam alcançadas, a empresa de energia elétrica terá que reverter parte dos seus ganhos financeiros com o portfólio PDI para reinvestimento no Programa PDI.

De posse dos resultados das avaliações, ações poderão ser tomadas para que as empresas de energia elétrica melhorem os seus resultados ou sejam premiadas por eles. A avaliação individual, denominada AMPERE (Avaliação Multiatributo de Portfólio de PDI de Empresas de Energia Elétrica), adota um método de pontuação em que cada indicador terá um peso proporcional, definido no PEQul. Os indicadores utilizados na AMPERE são definidos quando da construção e aprovação do PEQul. Já na avaliação coletiva de portfólios, as empresas de energia que pertencem à mesma faixa de Receita Operacional Líquida (ROL) serão comparadas entre si através da AMPARA (Avaliação Multiatributo de Portfólios de PDI Aneel). Esta avaliação permite identificar qual empresa tem resultados com mais similaridades com um programa PDI ideal. Nos dois modelos, será determinado o percentual de ganho dos resultados, ou o quanto desse resultado deverá retornar à conta de PDI.

Sobre a avaliação multiatributo de portfólios, percebe-se uma complexidade considerável nesse tipo de avaliação, dada a diversidade de indicadores, conjunto de indicadores envolvidos e respectivos pesos, justificando-se uma análise criteriosa dos valores (pesos) a serem atribuídos aos indicadores e se realmente é necessário incluir todos os indicadores definidos para o monitoramento dos projetos na avaliação multiatributo de resultados. Do mesmo modo, requer muita atenção a definição de qual deverá ser o valor da avaliação AMPERE a ser adotado para aprovação total do portfólio de cada empresa de energia elétrica, bem como quais valores de referência a Aneel irá adotar na avaliação AMPARA para comparação entre empresas de mesma faixa de ROL, evitando punições e glosas desnecessárias.

4.3 Instrumentos auxiliares aos objetivos estratégicos do Programa

Também foram definidos na Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 outros instrumentos de suporte ao atendimento dos objetivos estratégicos e portfólios do Programa, a saber:

- a) Envio das informações dos projetos por meio de formulários requeridos nos monitoramentos trimestral, anual e quadrienal, onde os resultados serão contabilizados para o atingimento das metas do programa PDI;
- b) Utilização do Modelo Estratégia, Portfólio, Programas e Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação — E3P do Programa de PDI Aneel, no qual o controle, o monitoramento e a avaliação seguirão formas simplificadas e uniformizadas privilegiando os resultados obtidos, a priorização do alcance de metas e a publicidade dos produtos e resultados, de modo a garantir a governança e a transparência das informações, sem prejuízo da propriedade intelectual e conforme as diretrizes definidas na Lei Geral de Proteção dos Dados (LGPD);
- c) Incentivos especiais concedidos pela Aneel para o alcance de metas e a publicidade dos produtos e dos resultados pelas empresas;
- d) Utilização de indicadores de uso dos recursos disponibilizados, que identificam insumos como: uso de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura; indicadores intermediários, que identificam o potencial de inovação, refletindo o funcionamento e a dinâmica do Programa rumo a TRLs mais altos; indicadores de resultados, que identificam os resultados concretos dos esforços de inovação; indicadores de impacto dos projetos, para identificar os efeitos das atividades de inovação no âmbito do PDI, na forma de resultados de longo prazo e longo alcance, como criação de novas empresas, geração de empregos em atividades intensivas em conhecimento e outros;
- e) Monitoramento trimestral, conforme definido no PEQuI, com a emissão de informações resumidas a respeito dos portfólios de projetos de cada empresa, coletadas em duas partes: uma de caráter gerencial e outra de caráter contábil;
- f) Monitoramento anual, com indicadores de inovação medidos conforme definido no PEQUI, sendo coletados dados sobre: resultados tecnológicos, produtos gerados, níveis de prontidão de tecnologia, propriedade intelectual, resultados econômicos, receitas de licenciamento de produtos, royalties sobre propriedade intelectual, receitas de comercialização de produtos, geração de empregos, indicadores de qualidade, resultados socioambientais, aumento de eficiência energética, redução da emissão de

gases de efeito estufa, créditos de carbono, redução de resíduos, melhoria de qualidade do ar, água e solo, universalização e inclusão social;

- g) Monitoramento quinquenal, conforme definido no PEQuI, sendo coletados dados sobre: indicadores: de esforço, engajamento de startups, formação de pessoal, registro de propriedade intelectual, publicações técnico-científicas, níveis de amadurecimento de tecnologias, retornos de participações em startups e de outros benefícios;
- h) adoção de instrumentos especiais para apoiar a obtenção dos resultados pretendidos no cumprimento das metas estratégicas do Programa PDI da empresa regulada por meio do seu portfólio, apontados no Plano Estratégico Quinquenal de Inovação;
- i) Adoção de medidas para maior transparência e divulgação dos projetos desenvolvidos, devendo cada empresa possuir página na internet, dentro de seu portal para divulgação dos resultados do seu Programa de PDI; e-mail institucional para fins de contato ou informações adicionais, com informações do programa de cada projeto e ação do portfólio; descrição técnica sucinta de cada projeto ou ação, com objetivo, investimento previsto e realizado, entidades envolvidas e prazos de execução;
- j) Todas as informações geradas com a aplicação dos investimentos compulsórios do Programa de PDI e disponibilizadas pelos agentes do SEB na base de dados da Aneel serão consideradas de acesso público e poderão ser acessadas por consultas no portal da Aneel ou outra mídia disponível.

4.4 Avaliação da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 à luz dos pilares de sustentabilidade e inovação tecnológica

Serão avaliados e discutidos os principais aspectos da nova Resolução Normativa da Aneel nº 1.045/2022, publicada no Diário Oficial da União no dia 4 de outubro de 2022, que poderão impactar o PDI coordenado pela Aneel, à luz dos pilares de sustentabilidade e inovação tecnológica. A Resolução estabelece os Procedimentos do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI) do SEB, que foi objeto de diagnóstico deste trabalho, conforme apresentado. A avaliação será concentrada na discussão dos procedimentos da Resolução Normativa Aneel

1.045/2022, considerando aspectos de gestão, monitoramento e avaliação dos projetos de P&D que poderão impactar os rumos do PDI Aneel.

É importante mencionar que a nova Resolução definiu como um dos objetivos do PDI o de desenvolver a inovação buscando alcançar níveis de desempenho compatíveis com o desenvolvimento tecnológico mundial, o que levou este estudo a revisar a literatura buscando verificar o que se discute no momento sobre inovação no setor elétrico mundial. Como um de seus princípios, a Resolução reconhece a inovação como vetor de desenvolvimento econômico, social e ambiental, razão pela qual este estudo definiu como um de seus propósitos o de verificar como os três pilares da sustentabilidade estão tratados no documento em questão.

Considerando-se o que dispõe os objetivos, princípios, diretrizes e procedimentos da Resolução Aneel 1.045/2022 para o PROPDI, observa-se no documento uma sinalização de mudança na política de inovação do SEB, no sentido de atender as principais reivindicações do setor. Além disso, os procedimentos e orientações apresentados no documento, em termos de tecnologias inovadoras a serem desenvolvidas com os recursos do Programa, em boa medida, busca se alinhar às exigências que a transição energética impõe ao setor elétrico mundial.

Em termos de planejamento, a Resolução, define que o planejamento de médio e longo prazo do PDI terá revisão periódica, conduzida com vistas a incorporar eventuais atualizações de tendências, evoluções de tecnologias e aperfeiçoamentos regulatórios. Nesse sentido, a Aneel deverá promover previamente discussão ampla com os agentes do setor elétrico e com a sociedade, via processo de participação pública, esperando assim combater problemas complexos enfrentados pelo setor e pela sociedade. Avalia-se que com essa medida a Aneel esteja tentando resolver o problema de falta de informação à sociedade sobre os resultados dos projetos desenvolvidos, incluindo seus benefícios sociais e ambientais.

Entre os procedimentos da Resolução para aprimorar a gestão dos projetos, uma medida que deverá proporcionar bons resultados é a definição da ferramenta TRL para a identificação e avaliação do nível de maturidade tecnológica e de produção das soluções advindas da aplicação dos recursos compulsórios do PDI, dos riscos associados aos projetos e da relação custo/benefício do investimento em uma dada tecnologia. Trata-se de um recurso que permite avaliar níveis de maturidade de uma tecnologia em desenvolvimento, que também deverá aprimorar a comunicação entre cientistas, técnicos e gerentes e outros envolvidos no processo. Essa medida vai ao

encontro de uma das questões mais importantes colocadas pelo setor, qual seja a de o Programa dispor de um procedimento padronizado definido pela Aneel para avaliação e acompanhamento dos projetos de inovação, desenvolvidos pelas empresas participantes do Programa.

Visando melhorar os recursos de gestão e transparência do Programa, foi definido como instrumento de suporte ao cumprimento dos objetivos estratégicos e portfólios de projetos a Plataforma de Inovação do Setor Elétrico (PINSE), que irá disponibilizar formulários para a coleta de dados e para a geração de relatórios gerenciais de monitoramento trimestral, anual e quinquenal. Segundo a resolução, essa plataforma será constantemente aperfeiçoada para permitir aprimoramentos gerenciais e regulatórios do PDI e responder aos desafios de comunicação eficaz com os *stakeholders*.

Tendo em vista a diversidade de indicadores, a nova resolução coloca que será aplicada a Avaliação Multiatributo de Portfólio de PDI de Empresas de Energia Elétrica (AMPERE) ao portfólio de cada empresa. Segundo a Aneel, a tipologia de indicadores de resultado apresentados na nova resolução para monitoramento dos resultados do Programa tem por objetivo primordial fazer com que a inovação seja amplamente benéfica para toda a sociedade e as empresas de energia elétrica, gestoras dos recursos sejam incentivadas a manter esse objetivo maior.

Assim, anualmente, as empresas de energia elétrica que pertencerem à mesma faixa de ROL serão comparadas entre si por meio da Avaliação Multiatributo de Portfólios de PDI Aneel (AMPARA). Pela complexidade do assunto, é de se imaginar que, na revisão do PEQuil 2023-2028, ora em discussão, os indicadores de resultado mencionados na Resolução Normativa nº 1.045/2022 estejam sendo objeto de análise.

Com relação a portfólios de inovação, a Resolução prevê que as empresas reguladas devem elaborar seus planos estratégicos e portfólios de inovação tendo em vista os objetivos estratégicos do Programa PDI, os quais serão monitorados pela Aneel com base em conjuntos de indicadores de uso dos recursos, de acompanhamento, de resultados e de impactos, definidos durante a elaboração do PEQuil. Com isso, deverá ser solucionado o problema de desalinhamento dos projetos com os objetivos estratégicos do PDI, um dos problemas apontados pelo setor.

Outro aspecto que vinha sendo questionado pelas empresas participantes do Programa e foi contemplado na nova resolução é a possibilidade de contratação de

startups para colaboração com as empresas reguladas na busca e aceleração de soluções inovadoras, bem como no enfrentamento de desafios nos temas de interesse do SEB.

Visando ao aumento da eficiência na alocação dos recursos compulsórios, avalia-se que o PDI prevê incentivos baseadas em resultados e cumprimento de metas e indicadores pactuados. Neste caso, se uma empresa superar suas metas, ela poderá se apropriar de parte dos resultados financeiros do portfólio de projetos. Entretanto, se as metas não forem alcançadas, a empresa de energia elétrica terá que reverter parte dos ganhos financeiros de seu portfólio para reinvestimento no PDI Aneel. A Resolução também define Prêmios de Excelência com o propósito de maior publicidade e destaque às empresas que mais inovarem. Para isso, a Agência promoverá anualmente um prêmio à empresa mais inovadora, conforme os indicadores estabelecidos no planejamento estratégico quinquenal (PEQul).

Apesar dessas boas expectativas que os procedimentos da resolução deverá proporcionar ao PDI, ao percorrer o que estabelece o módulo quatro da Resolução, que trata da execução, monitoramento e avaliação, e mais especificamente os indicadores definidos na seção 4.3 do referido documento, verifica-se uma prevalência de indicadores de resultado mais voltados à eficiência técnico-econômica dos projetos, conforme se pode observar abaixo no quadro 2.

O Quadro 2 apresenta um compilado dos indicadores da Resolução Normativa nº 1.045/2022 da Aneel, referentes a execução, monitoramento e avaliação dos projetos de PDI, para os quais serão definidas metas e indicadores no PEQul.

Quadro 2 – Indicadores de monitoramento anual e quinquenal de resultados

Monitoramento anual de resultados	Monitoramento quinquenal de resultados
Resultados Tecnológicos	Indicadores de esforço
Produtos Gerados	Investimentos
Especificação dos Produtos	Valor Devido
TRL	Valor Aplicado
Tipo de Utilização	Glosas
Status da Utilização	Participação em Projetos
Anterioridade	Engajamento de Indústrias (%)
Propriedade Intelectual	Engajamento de Startups (%)
Código do Pedido	Alocação e Remuneração de RH
Escritório de Registro	Indicadores de Entrada
Tipo de Propriedade Intelectual	Formação de Pessoal
Situação do Pedido	Registro de Propriedade Intelectual
Resultados Econômicos	Apoio à Infraestrutura Laboratorial
Receitas de licenciamento de Produtos	Publicações Técnico Científicas
Royalties sobre Propriedade Intelectual	Indicadores de Saída
Receitas de Comercialização de Produtos	Geração de Produtos
Geração direta de Empregos	Especificação dos Produtos
Melhoria da Qualidade do Serviço	TRL
Indicadores de Qualidade de Fornecimento	Tipo de Utilização
Indicadores de Qualidade de atendimento ao cliente	Status da Utilização
Resultados Acadêmicos	Anterioridade
Produção Técnico-Científica	Receitas com o PDI
Título da Publicação	Comercialização de Produtos
Classificação Qualis Capes	Licenciamento e Royalties
Identificador DOI (Digital Object Identifier)	Retornos de Participações em Startups
Capacitação de Pessoas	Benefícios
Tipo de Capacitação	
Instituição onde a capacitação foi realizada	
Trabalho de Conclusão	
Apoio à infraestrutura laboratorial	
Identificação do laboratório	
Entidade Beneficiada	
Investimento aportado	
Resultados Socioambientais	
Aumento de Eficiência Energética	
Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa	
Créditos de Carbono	
Redução de Resíduos	
Melhoria de Qualidade do Ar, Água e Solo	
Universalização/Inclusão Social	

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022

Conforme o quadro 2 acima, no monitoramento anual, de 40 indicadores, apenas 9 são sociais e ambientais. Os indicadores avaliados como claramente ambientais são: Créditos de Carbono; Redução de Resíduos; Melhoria de Qualidade do Ar, Água e Solo e Redução de Gases de Efeito Estufa. Os indicadores avaliados claramente como sociais são: Universalização/Inclusão Social; Capacitação de Pessoas; Qualidade de atendimento ao cliente; Geração Direta de Empregos; Melhoria da Qualidade do Serviço. Desse modo, quase 80% dos indicadores de resultado a serem utilizados se enquadram nos aspectos de governança.

No monitoramento quinquenal a situação ainda é mais favorável aos aspectos técnicos e econômicos, pois dos 26 indicadores elencados, apenas 1 é avaliado como claramente social, o de Formação de Pessoal. Nenhum indicador foi avaliado como sendo ambiental.

A partir do diagnóstico e da avaliação realizada, foi possível elaborar o quadro 3 a seguir, o qual apresenta as principais reivindicações do SEB e como a Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 trata esas questões.

Quadro 3 - Comparativo das principais sugestões de melhoria do PDI e o que foi incorporado na Resolução Aneel 1.045/2022

PRINCIPAIS SUGESTÕES DO SEB PARA MELHORIA DO PDI	COMO A RESOLUÇÃO 1.045/2022 TRATA AS PRINCIPAIS REIVINDICAÇÕES DO SEB
Definir procedimentos numa visão mais estratégica para o Programa de P&D, orientados realmente à geração e difusão de inovações, com base nas demandas da sociedade e tendências tecnológicas.	A nova Resolução estabelece que o planejamento de médio e longo prazo do PDI terá revisão periódica, conduzida com vistas a incorporar eventuais atualizações de tendências, evoluções de tecnologias e aperfeiçoamentos regulatórios. Para tal, a Aneel deverá promover previamente discussão ampla com os agentes do setor elétrico e com a sociedade, via processo de participação pública, esperando assim combater problemas complexos enfrentados pelo setor e pela sociedade.
Definir procedimentos para reduzir a burocracia excessiva, no que tange a formulários para cadastramento de projetos, relatórios e documentos necessários à prestação de contas.	Foi criada a Plataforma PINSE. Segundo o que consta na Resolução a PINSE disponibilizará formulários para a coleta de dados e para a geração de relatórios gerenciais de monitoramento trimestral, anual e quinquenal de forma mais simples e interativa com as empresas reguladas. OBS: De qualquer modo, no que diz respeito à prestação de contas, módulo V da Resolução, a burocracia continuará dando muito trabalho a quem for gerir os projetos. São 144 procedimentos burocráticos.
Tornar o Programa mais transparente.	A Resolução define que as empresas devem possuir uma página na internet, dentro de seu portal, para divulgação dos resultados de seu Programa de PDI, contendo um e-mail institucional para fins de contato ou informações adicionais, e as informações do Programa, com cada projeto e ação do portfólio contendo descrição técnica sucinta de cada projeto ou ação, com objetivo, investimento previsto e realizado, entidades envolvidas e prazos de execução. Além disso, as informações geradas com a aplicação dos investimentos compulsórios do Programa de PDI e disponibilizadas pelos agentes do SEB na base de dados da Aneel serão consideradas de acesso público e poderão ser acessadas por consultas no portal da Aneel, na PINSE ou outra mídia disponível. O objetivo é disseminar os resultados, desde a publicação de artigos científicos até os produtos e serviços inseridos no mercado, para compartilhamento e uso, próprio e por terceiros.
Alinhar os projetos de P&D com os objetivos estratégicos do PDI e das empresas.	A Resolução prevê que as empresas reguladas devem elaborar seus planos estratégicos e portfólios de inovação tendo em vista os objetivos estratégicos do Programa PDI, os quais serão monitorados pela Aneel com base em conjuntos de indicadores de uso dos recursos, de acompanhamento, de resultados e de impactos, definidos na elaboração do PEQuI.
Definir procedimentos para aumentar a produtividade e aplicação prática dos projetos.	Visando ao aumento da eficiência na alocação dos recursos compulsórios, o PDI prevê incentivos baseados em resultados e cumprimento de metas e indicadores pactuados. Neste caso, se uma empresa superar suas metas, ela poderá se apropriar de parte dos resultados financeiros do portfólio de projetos. Contudo, se as metas não forem alcançadas, a empresa regulada terá que reverter parte dos ganhos financeiros de seu portfólio para reinvestimento no PDI Aneel.
Definir procedimentos visando à melhoria da gestão do desenvolvimento dos projetos em cada etapa.	A empresa regulada poderá elaborar um Programa de Gestão de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PGPDI) para dar apoio ao seu portfólio de PDI, com o objetivo de propiciar condições para uma gestão eficiente dos recursos empregados, cujo prazo de vigência coincidirá com o PEQuI da empresa. Definida a ferramenta tecnológica TRL, que irá possibilitar a identificação e avaliação do nível de maturidade tecnológica dos projetos.

Desenvolver a cultura da inovação no SEB.	Uma das diretrizes da nova Resolução aponta para articulações com instituições de cunho técnico e científico com foco em treinamentos contínuos e desenvolvimento de novas competências técnicas, principalmente no corpo técnico das empresas reguladas, bem como em parcerias estratégicas, para garantir o conhecimento inovativo nacional e consolidar a cultura de inovação no setor. Na PINSE deverão ser inseridas ações associadas da ANEEL com agentes regulados e parceiros do setor elétrico visando realizar o acoplamento entre eles e a criação de valor a partir de suas interações, facilitando assim a troca de informações e serviços em prol de um ambiente favorável à inovação e à transferência de conhecimento no setor elétrico e seus <i>stakeholders</i> .
Estender o destino dos recursos do Programa também a startups, consultorias e outros players, em prol de maior flexibilização dos projetos e priorização de produtos comercializáveis.	A nova Resolução define que empresas <i>startups</i> podem ser utilizadas com recursos do Programa PDI regulado pela Aneel, por contratação como executoras em projetos e/ou programas de PDI, PDI estratégicos ou similares; ou contratação por meio de chamadas públicas exclusivas para startups. Elas podem ser contratadas para colaboração com as empresas reguladas na busca e aceleração de soluções inovadoras para desafios nos temas de interesse do SEB, desde que não haja nenhuma participação das empresas reguladas e seus funcionários no capital dessas <i>startups</i> .
Adotar nova dinâmica na gestão dos portfólios, programas e projetos, para estimular a formação de redes de inovação, com a participação dos diversos atores do processo.	A Resolução estabelece que no Modelo Estratégia, Portfólio, Plano e Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (E3P), o planejamento de médio e longo prazo constituirá atividade permanente do PDI Aneel, com vistas a incorporar eventuais atualizações de tendências, evoluções de tecnologias e aperfeiçoamentos regulatórios. A Aneel realizará o planejamento com apoio amplo e irrestrito de todas as partes interessadas, dentro das diretrizes estabelecidas na Resolução, partindo-se de uma visão de longo prazo e revisão periódica consubstanciada no PEQul.
Avaliar e reconhecer os recursos utilizados e os resultados de projetos interrompidos por motivos fundamentados e justificados.	A Resolução diz que o encerramento precoce de um projeto ou ação pode ser feito de duas formas. Na primeira forma, não há possibilidade de reconhecimento nem a obrigação de realizar auditoria e emissão de relatório final. O Agente poderá comunicar o cancelamento do projeto por meio do formulário de interesse na execução. Nessa hipótese, eventuais investimentos registrados nas ordens de serviço e/ou nas ordens de imobilização vinculadas ao projeto/ação deverão ser automaticamente glosados, retornando estes valores para as contas contábeis de obrigação referentes ao Programa de PDI Aneel, nos termos do Manual de Contabilidade do Setor Elétrico. Na segunda forma, há a possibilidade de reconhecimento e há obrigação de realizar auditoria e de emissão de relatório final, de modo que os resultados e valores investidos comporão a avaliação do portfólio da empresa, possibilitando o seu reconhecimento
Estabelecer temas prioritários e visão de futuro do setor elétrico.	Em discussão no PEQul.
Ampliar conceito de inovação para uma visão sistêmica e não-linear, definindo-se metas e indicadores para o acompanhamento, controle avaliação dos resultados alcançados.	Definida a tipologia dos indicadores adotados para analisar o desempenho inovativo das empresas e do Programa, em diversas dimensões (indicadores de entrada, acompanhamento, resultado e impacto). As metas e os indicadores sistêmicos são definidos no PEQul.

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando mais especificamente os aspectos de sustentabilidade da Resolução Normativa nº 1.045/2022, desde as diretrizes até os resultados esperados para o Programa, definidos no Módulo 4 (Execução, Monitoramento e Avaliação), nota-se um maior alinhamento dos procedimentos aos aspectos de governança do ESG. Isso pode ser observado na seção 4.3 da Resolução, onde é definida a tipologia dos resultados esperados, os quais, como já dito, serão monitorados conforme indicadores e metas do PEQul. A lista de resultados para os quais o PEQul deverá estabelecer os indicadores e as metas é predominantemente composta por dados técnico-econômicos, conforme está apresentado no quadro 2 deste estudo.

Do mesmo modo, na seção 4.5 da Resolução, que trata da regulação por incentivos e resultados, também há uma predominância quase que absoluta de indicadores de caráter técnico e econômico, considerando:

- a) Indicadores de uso dos recursos, para identificar o uso de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura.;
- b) Indicadores intermediários, para identificar o potencial de inovação, relacionados a publicações científicas e registro de propriedades intelectuais, implantação de projetos pilotos e nível de maturidade tecnológica dos portfólios;
- c) Indicadores de resultados, para identificar os resultados concretos dos esforços de inovação, referentes aos produtos e serviços, e sua utilização, na forma de comercialização e licenciamento de novos produtos e softwares, uso e venda de produtos, retorno financeiro dos portfólios;
- d) Indicadores de impacto, para identificar os efeitos das atividades de inovação no âmbito do PDI, na forma de resultados de longo prazo e longo alcance, como criação de novas empresas, geração de empregos, uso e venda de produtos para novos mercados fora do setor elétrico, impactos socioambientais e alcance dos objetivos estratégicos.

Avaliando o Quadro 3, é possível inferir que nem o próprio SEB tem-se mostrado muito preocupado com os aspectos de sustentabilidade, do ponto de vista de seus três pilares básicos, uma vez que as reivindicações do setor estão mais alinhadas aos aspectos de governança, notadamente com relação à necessidade de procedimentos para aumentar a produtividade e aplicação prática dos projetos,

possibilidade de comercialização de produtos desenvolvidos, redução da burocracia, e outras ferramentas de gestão para o acompanhamento, controle e avaliação dos resultados alcançados.

Desse modo, embora ao longo do documento sejam feitas considerações atinentes aos três pilares da sustentabilidade, os procedimentos definidos para a gestão dos projetos acabam colocando maior foco em medidas para alcançar soluções tecnológicas e inovadoras aderentes aos aspectos de eficiência técnica e econômica para os projetos, ficando em segundo plano as questões ambientais e sociais.

Ratifica-se esta avaliação, principalmente pela necessidade de atendimento às questões ambientais. Não se observa na Resolução, por exemplo, qualquer referência ao desenvolvimento de tecnologias que estejam em conformidade com os princípios defendidos pela economia circular de reaproveitamento e reutilização de componentes objetivando minimizar a exploração de matéria-prima na natureza. Em se tratando de setor elétrico, em outros países já há incentivo para a revitalização e a reutilização de componentes nesse setor, conforme mencionado no referencial teórico deste estudo.

Com relação a recursos para monitorar o desenvolvimento de tecnologias, o documento define a TRL para o acompanhamento das etapas de desenvolvimento dos projetos, o que é muito importante, porém essa ferramenta considera o produto desenvolvido até a sua entrada em serviço, etapa nove (TRL9), ou seja, quando a tecnologia está finalizada e pronta para comercialização. No entanto, a norma não menciona sobre o que deve ser feito com os produtos desenvolvidos após eles chegarem ao fim de vida útil.

Não se questiona a importância das diretrizes e procedimentos da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022. Contudo, o sucesso do PDI da Aneel deve ir além dos novos procedimentos definidos no documento, passando pela necessidade de mais envolvimento das lideranças na disseminação de um ambiente favorável à inovação internamente nas empresas do SEB, bem como pela disponibilização de pessoal capacitado, de perfil mais científico e interessado na gestão dos projetos de P&D. Afinal, para a seleção adequada dos projetos que irão compor os portfólios, definição assertiva de indicadores e metas, interação construtiva com os diferentes parceiros, tudo isso exige pessoas de perfil mais científico, dedicadas, capacitadas, além de outros recursos para uma estrutura adequada à gestão dos projetos de P&D, o que

só irá ocorrer com o aval de quem tem poder para tomar essas medidas. Nesse sentido, é fundamental para o sucesso do Programa que as empresas disponham de estrutura adequada para tratar exclusivamente das questões de inovação.

Considerando-se as necessidades de inovação do cenário atual de transição energética e os novos procedimentos definidos na Resolução nº 1.045/2022, é oportuno pensar na criação de um curso exclusivo para tratar da gestão de projetos de P&D do setor elétrico, cujo programa seja definido pela Aneel com as empresas do setor, universidades e outras partes envolvidas que puderem contribuir para essa finalidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa identificou os principais problemas que ocorreram com o Programa de Inovação (PDI) do setor elétrico brasileiro e como eles foram tratados na Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022. Para isso, considerou o que de mais atual se discute atualmente sobre inovação tecnológica no setor elétrico mundial, e ainda se as diretrizes e procedimentos definidos nesse documento se aderem aos princípios de sustentabilidade que o cenário atual de transição energética demanda, focando-se nas recomendações para acompanhamento, monitoramento e avaliação das tecnologias a serem desenvolvidas.

De um modo geral, os procedimentos da Resolução Normativa Aneel nº 1.045/2022 atendem às principais reivindicações de melhoria feitas pelo SEB, sinalizando para um ambiente mais favorável à inovação ao definir procedimentos que visam aprimorar os instrumentos de gestão, monitoramento e controle do Programa. Com os novos procedimentos, o Programa caminha para um modelo sistêmico de avaliação dos projetos, no qual o PEQul irá definir indicadores para monitorar o desenvolvimento dos projetos em todas as suas etapas e interrelação com os diferentes atores envolvidos no processo de inovação. Contudo, do ponto de vista da sustentabilidade, respondendo à pergunta de pesquisa deste estudo, verificou-se faltar na Resolução um tratamento mais equilibrado aos três pilares básicos da sustentabilidade, uma vez que as diretrizes e os procedimentos apresentados no documento são mais atinentes às questões técnico-econômicas, o que pôde ser verificado na tipologia de resultados que a Resolução apresenta para o monitoramento anual e quinquenal do PEQul.

A nova Resolução estabelece que a ANEEL promoverá anualmente uma premiação para as empresas do SEB mais inovadoras, com o objetivo de reconhecer o esforço para solidificação da cultura de inovação no ambiente corporativo, tendo como base o desempenho individual e comparado desses agentes, o que é muito interessante. É necessário, entretanto, ter em mente que a inovação não necessariamente visa apenas a retornos financeiros imediatos, e que nem todo projeto de P&D tem alto potencial em gerar resultados práticos no curto prazo, mas nem por isso deixam de ser importantes, como é o caso das pesquisas básicas, que normalmente servem de instrumento ou suporte para a exploração de novas possibilidades de negócio, serviços, processos e produtos. Diante disso, resta saber

como o PEQul irá definir as métricas e indicadores para monitorar e avaliar os resultados dos projetos de inovação que serão desenvolvidos daqui para frente com os recursos do PDI. Quanto à distribuição dos recursos financeiros para os portfólios de projetos, ele precisa ser de tal modo a não prejudicar aqueles projetos que não irão atingir níveis mais altos de maturidade.

Outro ponto de preocupação é a burocracia envolvida no processo administrativo e de gestão necessário para desenvolver os projetos de pesquisa do PROPDI do setor elétrico. Mesmo com a plataforma PINSE e outros recursos auxiliares de gestão definidos no novo documento, como é o caso da disponibilização de formulários eletrônicos mais interativos para facilitar a troca de informações, a burocracia ainda deverá continuar tomando muito tempo dos gestores e pesquisadores, uma vez que são muitos os documentos (formulários, relatórios, notas fiscais e outros de prestação de conta) com os quais os envolvidos com os projetos terão que lidar, consumindo-lhes uma expressiva parte de seus tempos em detrimento de um melhor acompanhamento da evolução dos portfólios de projetos. Como se sabe, a burocracia faz parte do processo, mas não pode merecer maior atenção, tomando a maior parte do tempo de quem precisa dela, do que a busca pelos objetivos a serem alcançados. Quando isso acontece, a criatividade fica prejudicada, as pessoas se sentem desencorajadas a desenvolver algo inovador pelo receio de que muito tempo será dedicado a algo que não é o objetivo principal.

Embora não esteja dentro dos objetivos do estudo, entende ser pertinente sugerir que o PEQul, o qual passa por revisão, considere entre os projetos de inovação que podem ser desenvolvidos com recursos do PDI, aqueles voltados a inovações incrementais destinadas a revitalização e reutilização de equipamentos e outros componentes do sistema elétrico que estejam em fim de vida útil, ou mesmo que já tenham sido retirados do sistema para serem sucateados.

O que o autor deste estudo defende não é uma inovação incremental simplesmente para restabelecer a condição original do equipamento, mas uma que agregue novas tecnologias, de modo a tornar esses componentes modernos e com os mesmos recursos digitais de monitoramento que os novos. Essa prática se justifica pelo fato de o investimento necessário para adquirir um novo equipamento ser possivelmente muito maior que o custo para a revitalização de um velho. Além disso, a revitalização de um componente velho evita a extração de matérias-primas, muitas vezes já escassas, para a fabricação dos componentes básicos de um novo.

Vale ressaltar que há no SEB um parque gigantesco de equipamentos de potência e outros componentes que poderiam ser revitalizados numa parceria das empresas reguladas com seus fornecedores, universidades e/ou centros de pesquisa, pelo conhecimento científico que estes detêm, propiciando assim benefícios às próprias empresas do setor, ao meio ambiente e à sociedade. Afinal, se a inovação implica a criação de valor, esse valor não necessariamente tem que surgir de algo inédito, novo, mas também a partir de algo que já tenha sido utilizado por muito tempo e que ainda possa ser revitalizado e reutilizado. Isso seria, sem dúvida, inovar dentro dos princípios da economia circular de minimização dos recursos naturais e em consonância com os pilares da sustentabilidade.

Tudo isso passa pelo aprimoramento das relações entre as empresas do setor elétrico e as instituições científicas e tecnológicas provedoras de conhecimento científico. Essas relações precisam ser estimuladas e fortalecidas, de modo que haja maior integração e colaboração entre esses atores, o que poderia ocorrer por meio da criação de programas específicos de cooperação, facilitando o acesso a infraestruturas e outros recursos que possam ser compartilhados entre esses agentes. Certamente, esse tipo de parceria estratégica contribuiria para impulsionar a inovação no setor elétrico e o desenvolvimento sustentável do país, principalmente no atendimento às demandas da transição energética. De qualquer modo, as orientações e os procedimentos da Resolução Normativa Aneel nº 1.041/2022 apontam nessa direção, e a expectativa é que esses e outros atores envolvidos nos projetos de inovação do setor elétrico atuem conjuntamente para alcançar os objetivos que o documento propõe.

5.1 Limitações e sugestões de pesquisas futuras

Esta pesquisa teve algumas limitações no que tange à avaliação crítica dos procedimentos da Resolução 1.045, por ser o primeiro estudo a fazer reflexões a respeito do documento, não havendo, portanto, outro que pudesse servir de ponto de partida. Outro aspecto é o fato de o PEQul, documento complementar da Resolução, ainda não ter sido divulgado oficialmente pela ANEEL, havendo até o momento, apenas uma minuta, cuja versão definitiva deverá ocorrer ainda neste ano, o que restringiu uma análise mais assertiva sobre as métricas e indicadores que serão estabelecidos para os portfólios de projetos das empresas de energia elétrica.

Desse modo, o estudo deu maior foco aos aspectos de gestão do PROPDI, notadamente com relação aos principais problemas que têm dificultado o andamento dos projetos de P&D e sugestões para melhoria do PDI, considerando-se as questões de sustentabilidade tratadas na nova Resolução normativa Aneel nº 1.045/2022.

Estudos futuros poderiam incluir a análise de outros aspectos do PDI que não foram tratados neste estudo, e ainda verificar se, na prática, os procedimentos definidos na Resolução 1.045 e no seu documento complementar, o PEQul, estão em conformidade com os objetivos estratégicos e resultados esperados para o Programa e de que modo as empresas estão reagindo frente às metas e indicadores definidos para acompanhar e avaliar os resultados dos portfólios dos projetos.

5.2 Contribuições da pesquisa

Esta pesquisa apresenta importantes contribuições teóricas para gestores, tomadores de decisão e demais envolvidos com os programas de inovação das empresas do SEB que trabalham em parceria no desenvolvimento dos projetos de P&D, pelas seguintes razões:

- a) Propicia melhor entendimento sobre os problemas que ocorreram no passado e dificultaram a gestão do programa, e a forma como a nova Resolução trata essas questões;
- b) Apresenta um panorama sobre as principais tendências tecnológicas do setor elétrico mundial, especialmente com relação a soluções sustentáveis demandadas pela transição energética;
- c) É o primeiro estudo que apresenta uma análise sobre as principais mudanças da nova Resolução Normativa nº 1.045/2022 para a política de inovação do setor elétrico nacional;
- d) Serve de ponto de partida para estudos futuros, quando a referida Resolução for colocada na prática e uma análise mais assertiva puder ser feita sobre seus procedimentos;
- e) Apresenta informações aos interessados no PDI da Aneel sobre o que de mais importante a nova resolução apresenta em termos de diretrizes e procedimentos que visam a uma melhor gestão das tecnologias a serem desenvolvidas com os recursos do Programa;

- f) Contribui para uma maior conscientização de que o momento exige que as inovações sejam conduzidas dentro dos princípios de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABGI CONSULTORIA. **Os projetos de P&D regulados pela ANEEL têm chegado ao mercado?** Dez. 2017. Disponível em: <https://abgi-brasil.com/os-projetos-de-pd-regulados-pela-aneel-tem-chegado-ao-mercado/> Acesso em: set. 2022

ABRADEE. **Distribuição em números.** Brasília: Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica, 2023. Disponível em: <https://abradee.org.br/distribuicao-em-numeros/>. Acesso em: maio 2023.

AMORIM, Fernando M. L.; CRISAFULLI, Rudy; LINARES, José J. Hydrogen and electricity at once: an alkaline-acidic ethanol electroreformer. **Electrochemistry Communications**, v. 148, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2023.107452>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388248123000267>. Acesso em: mar. 2023.

ANEEL. **ANEEL aprova novo regulamento para Procedimentos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PROPGDI.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022f. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aneel-aprova-novo-regulamento-para-procedimentos-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-propdi>. Acesso em: 27 maio 2023.

ANEEL. **Aperfeiçoamento das regras dos** procedimentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação vai à consulta. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aperfeicoamento-das-regras-dos-procedimentos-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-vai-a-consulta>. Acesso em: abr. 2023.

ANEEL. **Consulta Pública Aneel nº 69/2021, de 05 de novembro de 2021a.** Obter subsídios sobre as minutas de Resolução Normativa e dos Procedimentos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PROPGDI. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/consultas-publicas-govbr/aneel-consulta-publica-no-69-2021>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ANEEL. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/leitura_arquivo/arquivos/manual%20PeD_2008

ANEEL. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em: http://www.fozdochapeco.com.br/documents/Manual_p_d.pdf. Acesso em: maio 2023.

ANEEL. **P&D: Programa de Pesquisa e Desenvolvimento:** movimentação financeira (2008 – 2020). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2020d. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMjY0NTdkYTEtNmM1OC00MGZmLWFKZGUtMDU3ZjBjMmIwYTVhIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em maio 2023.

ANEEL. **Pesquisa e desenvolvimento e eficiência energética.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/ped-e-ee>. Acesso em: 29 ago. 2022.

ANEEL. **Plano Estratégico Quinquenal de Inovação – PEQui 2023-2028 do Programa de PDI Aneel.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2023. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/consultas-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=48891&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp. Acesso em: maio 2023.

ANEEL. **Programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022e. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/pesquisa-e-desenvolvimento/programa-de-pesquisa-e-desenvolvimento-tecnologico> Acesso em abr 2023.

ANEEL. **Programas de P&D e eficiência energética da ANEEL completam 20 anos em 2020.** YouTube, 2020c. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FTrhvLDPYqE>. Acesso em: abr. 2023.

ANEEL. **Projetos de chamada estratégica.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/pesquisa-e-desenvolvimento/projetos-de-chamada-estrategica>. Acesso em: maio 2023.

ANEEL. **Relatórios e Indicadores.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022d. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores>. Acesso em: abr. 2023.

ANEEL. Resolução Normativa Aneel nº 1.045, de 4 de outubro de 2022. Estabelece os Procedimentos do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PROPDI do setor elétrico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 out. 2022c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.045-de-4-de-outubro-de-2022-435200032>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BAGNO, Raoni Barros; FARIA, Adriana Ferreira de. **O modelo das duas rodas:** uma referência para o sistema de gestão da inovação em pequenas e médias empresas. Viçosa: Editora UFV, 2017.

BAUM, Zachary J. *et al.* Materials research directions toward a green hydrogen economy: a review. **ACS Omega**, v. 7, p. 32908-32935, Sep. 2022. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03996>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsomega.2c03996>. Acesso em: mar. 2023.

BERNI, Mauro. Transição energética: descentralização, descarbonização e digitalização. **Revista O Papel**, Ano 82, n. 9, p. 80-81, set. 2021. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/edicoes_impressas/184.pdf. Acesso em: abr. 2023.

BIN, Adriana *et al.* Da P&D à inovação: desafios para o setor elétrico brasileiro. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 3, p. 552-564, jul./set. 2015. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1294-14>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/4JRVR8RBrwySPMVhkwSzwv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: mar. 2023.

BORGES, Renata Simões Guimarães e *et al.* **Manual expresso para redação de TCC na área de gestão**. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.283, de 07 de fevereiro de 2018. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990 [...] **Diário Oficial da União**, Brasília, 08 fev. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm. Acesso em: 06 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 dez. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm. Acesso em: 06 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Lei estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 jan. 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 06 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm. Acesso em: 10 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Novo marco legal das *startups* e o desenvolvimento da inovação no Brasil. **Brasília: MCTI, 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2022/10/novo-marco-legal-das-startups-e-o-desenvolvimento-da-inovacao-no-brasil>. Acesso em: maio 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Conheça as instituições do setor elétrico brasileiro e as competências de cada uma**. Brasília: MME, 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/conheca-as-instituicoes-do-setor-eletrico-brasileiro-e-as-competencias-de-cada-uma>. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão 2674/2021**. Auditoria Operacional na política pública de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no Setor Elétrico Brasileiro (SEB) instituída pela Lei 9.991/2000. Relator: Jorge Oliveira. Brasília, 10 nov. 2021a. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A2674%2520ANOACORDAO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0/%2520. Acesso em: 09 fev. 2022.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Aneel deverá dar mais transparência aos projetos de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: TCU, 2021b. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/aneel-devera-dar-mais-transparencia-aos-projetos-de-pesquisa-e-desenvolvimento.htm>. Acesso em: mar. 2023.

BROADSTOCK, David C. *et al.* The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. **Finance Research Letters**, v. 38, p. 1-11, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101716>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612320309983>. Acesso em: mar. 2023.

CAMILLERI, Mark Anthony. European environment policy for the circular economy: Implications for business and industry stakeholders. **Sustainable Development**, v. 28, n. 6, p. 1804-1812, Nov./Dec. 2020. <https://doi.org/10.1002/sd.2113>.

CARVALHO, Ruy de Quadros; SANTOS, Glicia Vieira dos; BARROS NETO, Manoel Clementino de. Gestão de P&D+i em uma empresa pública do setor elétrico brasileiro: decisão estratégica ou imposição regulatória? **Revista Gestão Pública: Práticas e Desafios**, v. 5, n. 1, p. 127-153, abr. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaopublica/article/download/1715/1298>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CASSIOLATO, José E.; PODCAMENI, Maria Gabriela. A relevância da abordagem de sistemas de inovação para a área de energia elétrica. In: CASTRO, Nivalde J. de; DANTAS, Guilherme de. A. (Org.). **Políticas públicas para redes inteligentes**. Rio de Janeiro: Publit, 2016. p. 49-80. Disponível em: <http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/castro161.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2022.

CASTRO, Nivalde J. de *et al.* (Org.). **Programa de P&D da ANEEL: avaliação & perspectivas**. Rio de Janeiro: Publit, 2020. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/29_livro_ped_aneel.pdf. Acesso em: 8 fev. 2022.

CASTRO, Nivalde J. de *et al.* **Indicadores de inovação tecnológica para o setor elétrico brasileiro aderente ao P&D da Aneel**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ, 2018. Disponível em: https://agora.ie.ufrj.br/pdf/Nivalde_de_Castro/11.TDSE80_2018_Indicadores_de_inovacao_tecnologica.pdf. Acesso em: maio 2023.

CASTRO, Nivalde J. de; MATSUMURA, Emilio Hiroshi. **A importância do planejamento do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ, 2022.

CASTRO, Nivalde J. de; ROVERE, Rena La. **Inovações tecnológicas no setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico/UFRJ, 2021. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/12_castro_2021_02_08.pdf. Acesso em: 09 fev. 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro**: diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro. Brasília: CGEE, 2017. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/aneel_2017_8-8.pdf/ce6a0ec6-bcd8-4392-9875-435dabaf3566?version=1.4. Acesso em: maio 2023.

CHEN, Chih-Cheng *et al.* The role of corporate social responsibility and corporate image in times of crisis: the mediating role of customer trust. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 1-20, 2021. <http://doi.org/10.3390/ijerph18168275> Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8394849/pdf/ijerph-18-08275.pdf>. Acesso em: mar. 2023.

COLE, Cristine *et al.* Assessing barriers to reuse of electrical and electronic equipment, a UK perspective. **Resources, Conservation & Recycling: X**, v. 1, p. 1-10, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590289X19300015>. Acesso em: 09 fev. 2022.

CONNECTING GREEN HYDROGEN EUROPE. **Connecting green hydrogen Europe 2023**. Madri: CGHE, 2023. Disponível em: <https://www.europe.gh2events.com/>. Acesso em: mar. 2023.

DI SILVESTRE, Maria Luisa *et al.* How decarbonization, digitalization and decentralization are changing key power infrastructures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 483-498, Oct. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.068>.

DRUCKER, Peter F. **Inovação e espírito empreendedor**. 6. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

ELLIS, Jo. **What are the three pillars of ESG?** Corporate Governance Institute, 2022. Disponível em: <https://www.thecorporategovernanceinstitute.com/insights/lexicon/three-pillars-of-esg-ultimate-guide-to-esg/>. Acesso em: mar. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - **Plano decenal de expansão de energia**. Brasília: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-49/topico-86/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202022.pdf>. Acesso em: abr. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional 2022**. Brasília: EPE, 2022a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em: abr. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, 2022b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: mar. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia, 2050**. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: abr. 2023.

ESFERA BLOG. **Os 3Ds da energia: descarbonização, descentralização e digitalização**. Esfera Blog, 2022. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/sustentabilidade/descarbonizacao-descentralizacao-digitalizacao>. Acesso em: abr. 2023.

ESTEVES, Jorge *et al.* Smart Grid: uma visão da regulação. In: CASTRO, Nivalde de; DANTAS, Guilherme (Org.). **Políticas públicas para redes inteligentes**. Rio de Janeiro: Publit, 2016. p. 105-128. Disponível em: <https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/castro161.pdf>. Acesso em: mar. 2023.

FATEMI, Ali; GLAUM, Martin; KAISER, Stefanie. ESG performance and firm value: the moderating role of disclosure. **Global Finance Journal**, v. 38, p. 45-64, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001>.

FOLK, Emily. Waste in the renewable energy industry and how we can sustainably power our world. **Renewable Energy Magazine**, Mar. 2020. Disponível em: <https://www.renewableenergymagazine.com/emily-folk/waste-in-the-renewable-energy-industry-and-20200305>. Acesso em: mar. 2023.

FONSECA, Vandrê. **Balbina: boa de metano, ruim de energia**. (o)eco, 2013. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/27823-balbina-boa-de-metano-ruim-de-energia/>. Acesso em: maio 2023.

FURTADO, Lorena Lucena *et al.* Relação entre sustentabilidade e inovação: uma análise da legitimidade organizacional das empresas do setor elétrico brasileiro. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 18, p.1-16, 2019. <https://doi.org/10.16930/2237-766220192807>. Disponível em: <https://revista.crcsc.org.br/index.php/CRCSC/article/view/2807/2094>. Acesso em: mar. 2023.

GATTO, Andrea; DRAGO, Carlo. When renewable energy, empowerment, and entrepreneurship connect measuring energy policy effectiveness in 230 countries. **Energy Research and Social Science**, v. 78, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101977>.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HANKE, Florian; LOWITZSCH, Jens. Empowering vulnerable consumers to join renewable energy communities towards an inclusive design of the clean energy package. **Energies**, v. 13, n. 7, p. 1-27, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13071615>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/7/1615/pdf?version=1586259317>. Acesso em: mar. 2023.

HYSA, Eglantina *et al.* Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: an integrated model for sustainable development. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 1-16, jun. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12124831>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4831/pdf?version=1593411857>. Acesso em: mar. 2023.

INNOVOLO GROUP. **What is modular innovation?** London: Innovolo Group, 2023. Disponível em: <https://innovolo-group.com/innovation-en/innovation-terminology-en/what-is-modular-innovation/#:~:text=Modular%20innovation%20is%20an%20approach,design%2C%20materials%2C%20and%20features>. Acesso em: abr. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy technology perspectives 2020**. Paris: IEA, 2021. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf. Acesso em: mar. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy technology perspectives 2023**. Paris: IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>. Acesso em: abr. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **IEA: without accelerating clean energy innovations we cannot hit net zero by 2050**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://energypost.eu/iea-without-accelerating-clean-energy-innovations-we-cannot-hit-net-zero-by-2050/>. Acesso em: mar. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Innovation needs in the sustainable development scenario**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation/innovation-needs-in-the-sustainable-development-scenario>. Acesso em: mar. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Power systems in transition**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/power-systems-in-transition>. Acesso em: abr. 2023.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Energy transition holds key to tackle global energy and climate crisis**. Abu Dhabi: IRENA, 2022b. Disponível em: <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2022/Mar/Energy-Transition-Holds-Key-to-Tackle-Global-Energy-and-Climate-Crisis>. Acesso em: mar. 2023.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Hydropower has a crucial role in accelerating clean energy transitions to achieve countries' climate ambitions securely**. Abu Dhabi: IRENA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/news/hydropower-has-a-crucial-role-in-accelerating-clean-energy-transitions-to-achieve-countries-climate-ambitions-securely>. Acesso em: maio 2023.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Re-organizing power systems for transitions**. Abu Dhabi: IRENA, 2022a. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jun/IRENA_Organising_Power_Systems_2022.pdf?rev=9c979df4adda4fe19cce18ab02f86e9c. Acesso em: abr. 2023.

IPEA. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3566/1/Comunicados_n152_Inova%c3%a7%c3%a3o.pdf. Acesso em: out. 2022.

KHALIL, Muhammad Azhar; NIMMANUNTA, Kridsda. Conventional versus green investments: advancing innovation for better financial and environmental prospects. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, Jul. 2021. <https://doi.org/10.1080/20430795.2021.1952822>.

LASSIO, João Gabriel *et al.* Life cycle-based sustainability indicators for electricity generation: a systematic review and a proposal for assessments in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 311, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127568>.

LEAL, Carlos Ivan Simosen; FIGUEIREDO, Paulo N. Inovação tecnológica no Brasil: desafios e insumos para políticas públicas. **RAP - Revista de Administração Pública**. Fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220200583>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/th4kPMNYksKfKzDwSdWs7Zj/?lang=pt&format=pdf>

LIMA, Antônio Pedro; ROVERE, Renata Lèbre La; SANTOS, Guilherme. Inovação e tendências tecnológicas no setor elétrico: estudo de caso com as empresas prestadoras de bens e serviços ao setor. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 5, n. 1, p. 1-19, ago. 2018. <https://doi.org/10.5151/enei2018-91>. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/enei2018/91.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2022.

MAIA, Rodrigo *et al.* Assessment of the waste management reporting in the electricity sector. **Cleaner and Responsible Consumption**, v. 3, p. 1-11, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666784321000255>. Acesso em: 06 fev. 2022.

MAKRIDOU, Georgia. Lessons from the world's most sustainable energy companies. **LSE Business Review**, p. 1-2, 09 Jun. 2022. Disponível em: http://eprints.lse.ac.uk/116076/1/businessreview_2022_06_09_lessons_from_the_worlds_most_sustainable.pdf. Acesso em: 06 fev. 2022.

MASTERCLASS. **How the 3 pillars of corporate sustainability**. MasterClass, 2022. Disponível em: <https://www.masterclass.com/articles/three-pillars-of-sustainability>. Acesso em: 06 fev. 2022.

MONTEIRO, Guilherme Fowler A. *et al.* ESG: disentangling the governance pillar. **RAUSP Management Journal**, v. 56, n. 4, p. 482-487, Oct./Dec. 2021. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-06-2021-0121>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmj/a/YHYQtyDGTg8msDSLp4QZDR/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 06 fev. 2022.

MONTENEGRO, Sueli. Em busca de resultados, P&D terá inovação como foco. **Canal Energia**, 3 nov. 2021. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53192426/em-busca-de-resultados-pd-tera-inovacao-como-foco>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MOREIRA, Augusto; QUEIROZ, Ana Carolina S. (Coord.). **Inovação organizacional e tecnológica**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MORSELETTO, Piero. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, Feb. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919304598>. Acesso em: 09 fev. 2022.

NASCIMENTO, Thiago Cavalcante *et al.* Estratégias de P&D e sustentabilidade no setor elétrico: o caso de uma companhia energética. **raUnP: Revista do Mestrado em Administração**, v. 6, n. 1, p. 91-104, out. 2013. <https://doi.org/10.21714/raunp.v6i1.493>. Disponível em: <https://repositorio.unp.br/index.php/raunp/article/view/493/424>. Acesso em: 06 fev. 2022.

NYGAARD, Arne; SILKOSET, Ragnhild. Sustainable development and greenwashing: how blockchain technology information can empower green consumers. **Business Strategy and the Environment**, p. 1-13, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1002/bse.3338>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bse.3338>. Acesso em: 06 fev. 2022.

OECD. **ESG ratings and climate transition**: an assessment of the alignment of E pillar scores and metrics. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2022. <https://doi.org/10.1787/2fa21143-en>. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/2fa21143-en.pdf?expires=1681180638&id=id&accname=guest&checksum=E82F8FE4FFB98FB7310F1EB48382D4C7>. Acesso em: 06 fev. 2023.

OECD. **Oslo Manual 2018**: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. 4th ed. Luxembourg: Organization for Economic Cooperation and Development, 2018. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1684275863&id=id&accname=guest&checksum=D60DFBF C25A08F1DFD8E689CF0F749A4>. Acesso em: abr. 2022

OECD. **The measurement of scientific and technological activities**: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data: Oslo manual. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2005. Disponível em: <https://www.oecd.org/science/inno/2367614.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2023

OLIVEIRA, Fernanda Stringassi de; BONACELLI, Maria Beatriz Machado. Low efficiency in the use of research and development resources in Brazilian public research organizations: causal chains analysis. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 25, n. 3, p. 62-95, Sept./Dec. 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-2311.257.94205>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/read/a/7H4xdJjKpCwjhwtx7cq6dbH/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 06 fev. 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é ONS**. Rio de Janeiro: ONS, 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons#:~:text=O%20Operador%20Nacional%20do%20Sistema,e%20regula%C3%A7%C3%A3o%20da%20Ag%C3%Aancia%20Nacional> Acesso em abr 2023.

POLLARD, Jennifer *et al.* A circular economy business model innovation process for the electrical and electronic equipment sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, July 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127211>.

POMPERMAYER, Fabiano Mezadre; DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTI, Luiz Ricardo. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL. Brasília: Ed. IPEA, 2011. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=12316. Acesso em: 06 fev. 2022.

POPP, David *et al.* **Innovation and entrepreneurship in the energy sector**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2020. Disponível em: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c14375/c14375.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2022.

PRAHALAD, C. K. KRISHNAN, M. S. **The new age of innovation**: driving cocreated value through global networks. New York: McGraw Hill, 2008.

PRICE WATER COOPERS. **The energy transition**: fuelling a resilient future through powerful alliances, greener investment and greater use of renewable. PwC, 2022. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/esg/the-energy-transition.html>. Acesso em: mar. 2023.

RIBEIRO, Beatriz Couto *et al.* Effects of innovation stimuli regulation in the electricity sector: a quantitative study on European countries. **Energy Economics**, v. 118, Feb. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106352>.

S&P GLOBAL COMMODITIES INSIGHT. **10 cleantech trends in 2023**. S&P Global, 2023. Disponível em: https://plattsinfo.spglobal.com/cleantech-whitepaper-2023.html?&utm_content=cleantechtrendswitepapersearch&utm_campaign=2023EnergyTransitionGlobalAcquisitionEnergyTransitionAdsCleantechTrends&gclid=CjwKCAiAI9efBhAkEiwA4TorirplqjRFOeU_PDEt4os-C2UF3aoiOiGg0PIAvGzYyXzUM9biUwwb_RoCg_ksQAvD_BwE. Acesso em: mar. 2023.

SAGAR, Ambuj D.; ZWAAN, Bob van der. Technological innovation in the energy sector: R&D, deployment, and learning-by-doing. **Energy Policy**, v. 34, n. 17, p. 2601-2608, Nov. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.04.012>. Acesso em: jun. 2023.

SANCHES, Carmem Silvia. **Avançando na cadeia de inovação pelos projetos de PD&I do setor elétrico**: um projeto de aperfeiçoamento do programa de P&D regulado pela Aneel. 2019. Monografia (Conclusão de curso) – Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3833/1/Carmen%20Silvia%20Sanches.pdf>. Acesso em: maio 2023.

SCHAPPO, Fillipe *et al.* Pesquisa & desenvolvimento (P&D): investimentos realizados pelas empresas brasileiras geradoras de energia e sua relação com a matriz energética. In: USP INTERNATIONAL CONFERENCE IN ACCOUNTING, 21, 2021, São Paulo, SP. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2021. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/21Usplnternational/ArtigosDownload/3446.pdf>. Acesso em: mar. 2023.

SCHERER, Laura; PFISTER, Stephan. Hydropower's biogenic carbon footprint. **Plos One**, v. 11, n. 9, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161947>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0161947>. Acesso em: maio 2023.

SCHUMPETER, Joseph A. **The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle**. Cambridge: Harvard University Press, 1934.

SMITH, K. H. **Measuring innovation**. New York: Oxford University Press, 2005.

SOARES, Paula Meyer *et al.* Setor elétrico brasileiro: avaliação da evolução dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (2008-2018). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 35094-35112, jun. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-158>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11262/9416>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SOVACOOOL, Benjamin K. **Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation**. **Energy Research & Social Science**, v. 73, Mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101916>.

SUKSEN, Akchatree; SANRATTANA, Wirot; SUWANNOI, Paisan. Indicators of good governance for administrators of the primary educational service area office. **International Education Studies**, v. 13, n. 4, p. 84-93, 2020. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n4p84>. Disponível em: <https://ccsenet.org/journal/index.php/ies/article/download/0/0/42247/44006>. Acesso em: 09 fev. 2022.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Gestão da Inovação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

UNIDO. **Circular economy**. Washington: United Nations Industrial Development Organization, 2015 Disponível em: <https://www.unido.org/our-focus-cross-cutting-services/circular-economy>. Acesso em: abr. 2023.

VACCARO, Ignacio G. *et al.* Management Innovation and Leadership: The moderating role of organizational size. **Journal of Management Studies**, v. 49, n. 1, p. 28-51, Jan. 2012. <http://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2010.00976.x>. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1751181/mod_resource/content/1/Vaccaro_et_al_2014.pdf. Acesso em: 09 fev. 2022.

WANDAY, Julia; EL ZEIN, Samer Ajour. Higher expected returns for investors in the energy sector in Europe using an ESG strategy. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, Oct. 2022. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1031827>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1031827/pdf>. Acesso em: mar. 2023.

WITTMAYER, Julia M. *et al.* Contributing to sustainable and just energy systems? The mainstreaming of renewable energy prosumerism within and across institutional logics. **Energy Policy**, v. 149, p. 1-11, Fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112053>.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The circular economy**: how it can lead us on a path to real change. Davos, Kloster, Seitzerland, 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/the-circular-economy-how-it-can-be-a-path-to-real-change>. Acesso em: mar. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **World Economic Forum Annual Meeting**. Davos, Kloster, Switzerland, 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2018>. Acesso em: mar. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **World Economic Forum Annual**. Davos, Kloster, Switzerland, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2020>. Acesso em: mar. 2023.

ZIVIANI, Fabricio; FERREIRA, Marta Araújo Tavares. Práticas de gestão da inovação no setor elétrico brasileiro: a percepção dos gerentes de pesquisa e desenvolvimento. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 24-41, jan./mar. 2017. <https://doi.org/10.5902/19834659>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reaufsm/article/download/14162/pdf/127383>. Acesso em: mar. 2023.