

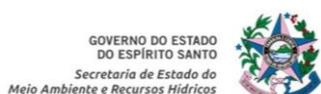
Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do Espírito Santo

VERSÃO I (VERSÃO ORIENTATIVA)

O Espírito Santo aderiu oficialmente às campanhas “Race to Zero” (Corrida para o Zero) e “Race to Resilience” (Corrida para a Resiliência), da Organização das Nações Unidas (ONU), comprometendo-se com a realização de ações visando a neutralização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2050 e a resiliência climática. Como parte das ações necessárias para o cumprimento das metas acordadas pelo Estado, destaca-se a necessidade de elaboração de estratégias e ações para atingir as metas de neutralização de emissões de GEE. Este documento apresenta o produto da primeira fase da execução do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do ES, chamada de Versão Orientativa. Esta versão apresenta um Diagnóstico da situação atual do ES, incluindo análises do inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado, e a definição de Diretrizes globais e estratégias/caminhos tecnológicos a serem empregados, incluindo a visão dos stakeholders envolvidos.

Este documento é um produto do projeto intitulado “Plano Estadual de Mudanças Climáticas – Estruturação”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo e executado por pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP) e Governo do Estado do Espírito Santo. Para mais informações, acesse: <http://impactoclima.ufes.br/NetZeroES>

Execução:



Apoio Técnico:



Financiamento:



Ficha catalográfica:

Reis Júnior, Neyval Costa; Prata Junior, Ademir Abdala; Siman, Renato Ribeiro; Jannuzzi, Gilberto De Martino; Pezzopane; José Eduardo *et al.*

Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do Espírito Santo, Relatório Técnico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, 2022.

188 p. il. color.

1. Descarbonização; 2. Carbono Zero. 3. Energias Renováveis. 4. Transição energética. 5. Mudanças climáticas. 6. Desenvolvimento sustentável

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Neyval Costa Reis Júnior, PhD em Engenharia Ambiental UFES

Integração temática e Mobilização Social

Ademir Abdala Prata Junior, PhD em Engenharia Civil e Ambiental UFES

Renato Ribeiro Siman, Doutor em Hidráulica e Saneamento UFES

Gilberto De Martino Jannuzzi, PhD em Estudos de Energia UNICAMP

Alfredo Sarlo Neto, Doutor em Ciências Contábeis UFES

Agropecuária, Florestas e Mudança do Uso do Solo

Fábio Partelli, Doutor em Produção Vegetal UFES

Mércia Regina Pereira de Figueiredo, Doutora em Nutrição Animal INCAPER

José Eduardo Pezzopane, Doutor em Ciência Florestal UFES

Daiani Bernardo Pirovani, Doutora em Produção Vegetal IFES

Gilson Fernandes da Silva, Doutor em Ciência Florestal UFES

Pedro Luis Pereira Teixeira de Carvalho, Mestre em Genética e SEAG

Melhoramento de Plantas

Energia, Indústrias e Transportes

Rodrigo de Alvarenga Rosa, Doutor em Engenharia Elétrica UFES

Gilberto De Martino Jannuzzi, PhD em Estudos de Energia UNICAMP

Jussara Farias Fardin, Doutora em Engenharia Elétrica UFES

Alexandre de Mello Delpupo, Doutor em Física ARSP-ES

José Joaquim Conceição Soares Santos, Doutor em Engenharia Mecânica UFES

Resíduos

Renato Ribeiro Siman, Doutor em Hidráulica e Saneamento UFES

Luciana Harue Yamane, Doutora em Engenharia Metalúrgica UFES

Inventário de Emissões de GEE

Elisa Valentim Goulart, PhD em Meteorologia UFES

Bruno Furieri, DSc em Engenharia Ambiental UFES

Jane Méri Santos, PhD em Engenharia Ambiental UFES

Planejamento Estratégico e Ligação com o Governo do Estado

Robson Monteiro dos Santos, MSc em Engenharia Ambiental SEAMA-ES

Víctor Guedes Barbosa, Especialista em Engenharia de Produção FAPES

Juliana dos Reis, Engenheira Mecânica SEAMA-ES

Joseane de Fátima Geraldo Zoghbi, MSc em Administração SEP-ES

Apoio Técnico

Jaihany Vicente Gama, estagiária de Engenharia Ambiental IFES

João Pedro Leal Dias, estagiário de Engenharia Ambiental UFES

Beatriz Vescovi Cuzzuol, estagiária de Engenharia Ambiental UFES

Dianne dos Santos Silva, Engenheira de Produção UFES

GRUPO DE SUSTENTAÇÃO

- ARSP ES - Agência de Regulação de Serviços Públicos do ES
- SECTIDES - Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico do ES
- FINDES - Federação das Indústrias do Espírito Santo
- Comissão Estadual de Mudanças Climáticas



Energia &
Indústria

- FETRANSPORTES - Federação das Empresas de Transportes do Estado do ES
- Comissão Estadual de Mudanças Climáticas
- FINDES - Federação das Indústrias do Espírito Santo
- SEMOBI - Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura do ES
- CETURB/ES - Companhia Estadual de Transportes Coletivos de Passageiros do Estado do Espírito Santo



Transportes

- AMUNES - Associação dos Municípios do Espírito Santo
- FINDES - Federação das Indústrias do Espírito Santo
- IEMA - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- ARSP ES - Agência de Regulação de Serviços Públicos do ES
- Comitê Gestor de Resíduos Sólidos
- Sindicato das Empresas de Reciclagem do Estado do Espírito Santo
- Sindicato Estadual das Empresas de Limpeza Urbana do ES
- CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comissão Estadual de Mudanças Climáticas
- SEDURB - Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano



Resíduos

- FAES - Federação da Agricultura do Estado do Espírito Santo
- FINDES - Federação das Indústrias do Espírito Santo
- SEAG - Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca
- FETAES – Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares do Estado do Espírito Santo
- SECTIDES - Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico do ES
- Comissão Estadual de Mudanças Climáticas
- SOS Mata Atlântica



AFOLU

RESUMO

Este documento apresenta o produto da primeira fase da execução do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do Estado do Espírito Santo (ES), chamada de Versão Orientativa. Esta versão apresenta um Diagnóstico da situação atual do ES, incluindo análises do inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado, e a definição de Diretrizes globais e estratégias/caminhos tecnológicos a serem empregados, incluindo a visão dos stakeholders envolvidos (empresas, governo, sociedade civil, academia). Com o objetivo de facilitar as análises e discussões por setor, sistematizando a análise de resultados e a proposições de políticas e estratégias para atingir os objetivos pretendidos dentro de cada atividade econômica, foram identificadas 04 áreas temáticas para a implementação de ações que levem a descarbonização da economia do ES: (i) Energia & Indústria; (ii) Transportes; (iii) Resíduos; e (iv) Agropecuária, Florestas e Uso do Solo (AFOLU).

A construção do Plano de Neutralização de Emissões de GEE do ES parte do princípio de que o Estado participa da transição como agente catalisador das mudanças da economia, promovendo transformações por meio da criação de mecanismos e políticas públicas que auxiliem as mudanças dos setores da economia do ES. As premissas básicas de construção do Plano incluem a indicação de estratégias econômicas/políticas para viabilizar e acelerar a descarbonização da economia, analisando a implementação de incentivos fiscais para fontes de energia mais limpas, linhas de crédito diferenciado para projetos de descarbonização, políticas de regulamentação e atração de investimentos e demais estratégias voltadas a estimular a descarbonização da economia, bem como o investimento público-privado em projetos que apoiem a transição para uma economia de baixo carbono e a valorização de políticas que fomentem a redução de emissões gerando potencial competitivo para as empresas locais.

Com base nos dados levantados na etapa de diagnóstico, foram delineadas 04 Políticas Estratégicas que foram compartilhadas por todas as áreas temáticas: (i) Minimização das Emissões, (ii) Aumento da Eficiência, (iii) Mecanismos de Compensação de Emissões e (iv) Remoção e Captura de GEE. Tais políticas representam a base para a criação de 22 Diretrizes, divididas nas quatro linhas temáticas, que resultaram em 50 estratégias delineadas para a atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050.

SUMÁRIO

Equipe técnica.....	3
Grupo de sustentação.....	4
Resumo.....	5
Abreviações e siglas.....	8
Lista de Figuras.....	12
Lista de Tabelas.....	16
1 Introdução.....	18
1.1. Ações do Espírito Santo.....	20
1.2. Organização do Documento.....	23
2 Diagnóstico.....	24
2.1 Características socioeconômicas do Estado.....	25
2.1.1 Panorama Industrial.....	28
2.1.2 Panorama do Setor Agropecuário e Florestal.....	32
2.1.3 Panorama do Setor de Resíduos.....	41
2.1.3.1 Resíduos Sólidos.....	41
2.2 Matriz Energética do ES.....	50
2.2.1 Matriz de energia elétrica.....	56
2.2.2 Gás natural.....	61
2.2.3 Transportes.....	64
2.2.4 Potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis.....	69
2.4 Inventário de emissões de GEE do ES.....	92
2.4.1 AFOLU.....	99
2.4.2 Energia.....	102
2.4.2.1 Transportes.....	103
2.4.2.2 Produção de Combustíveis.....	106
2.4.2.3 Indústria.....	107
2.4.2.4 Eletricidade.....	109
2.4.2.5 Residencial.....	112

2.4.3 Processos Industriais	113
2.4.4 Resíduos.....	115
2.4.5 Sumário das Emissões por Atividade Econômica	119
2.5 definição de Áreas Temáticas.....	121
2.6 Análise SWOT	122
3 Planejamento	132
3.1 Princípios Norteadores.....	136
3.2 Políticas estratégicas	137
3.3 Diretrizes e Estratégias.....	139
4 Considerações Finais	178
Referências Bibliográficas	180

ABREVIações E SIGLAS

Relação de siglas e abreviaturas adotadas nesta publicação:

ABC	Plano de Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária do ES
ABESOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
AFOLU	Agropecuária, Florestas e Uso do Solo
AGERH	Agência Estadual de Recursos Hídricos
ALES	Assembleia Legislativa do Estado do Espírito Santo
AMUNES	Associação dos Municípios do Espírito Santo
ANAMA	Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APE	Autoprodutor de Energia
ARSP-ES	Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo
ASPE	Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo
BEES	Balanco Energético do Estado De Espírito Santo
BEP	<i>Brazil Energy Programme</i>
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CCUS	<i>Carbon Capture, Utilization and Storage</i>
CDR	<i>Carbon dioxide removal</i>
CEDAGRO	Centro de Desenvolvimento do Agronegócio
CEMC	Comissão Estadual de Mudanças Climáticas
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CETURB/ES	Companhia Estadual de Transportes Coletivos de Passageiros do Estado do Espírito Santo
CGH	Central Geradora de Energia Elétrica
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CSP	<i>Concentrating Solar Power</i>
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
EIA	<i>Energy Information Administration</i>
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
EU	<i>European Union</i>
FAES	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do ES

FETAES	Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares do Estado do Espírito Santo
FETRANSPORTES	Federação das Empresas de Transportes do Estado do Espírito Santo
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FINDES	Federação das Indústrias do Espírito Santo
GEE	Gases causadores de Efeito Estufa
GHG	Greenhouse Gas
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNL	Gás Liquefeito Natural
GNV	Gás Natural Veicular
GPC	<i>Global Product Classification</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
HVO	<i>Hydrotreated Vegetable Oil</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística
ICLEI	<i>International Council for Local Environmental Initiatives</i>
IDAF	Instituto de Defesa Agropecuária de Florestal
IDEIES	Instituto de Desenvolvimento Educacional e Industrial do Espírito Santo
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	Agência Internacional de Energia
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPK	Índice de Passageiro por Quilômetro
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MME	Ministério de Minas e Energia
MOU	<i>Memorandum of Understanding</i>
NBR	Norma Brasileira
NCI	Emissão/Redução Não Contabilizadas no Inventário Nacional
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i>
OC	Observatório do Clima
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OCMRR	Organizações de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONTL	Observatório Nacional de Transporte e Logística
ONU	Organização das Nações Unidas
PANCLIMA	Plano de Ação Climática do Município de São Paulo
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem

PBEV	Programa Brasileiro de Etiquetação Veicular
PCH	Pequena Central Geradora Hidrelétrica
PEDEAG	Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba
PEMC	Plano Estadual de Mudanças Climáticas
PERS-ES	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo
PGE	Procuradoria Geral do Estado
PIB	Produto Interno Bruto
PIE	Produtor Independente de Energia
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEF	Plano Nacional de Eficiência
PNLI	Plano Nacional de Logística Integrada
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PROCONVE	Programa Rota 2030 de Mobilidade e Logística, Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOBE	Projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana, Programa Mobilidade Elétrica e Propulsão Eficiente
PRPN	Reservas Particulares de Patrimônio Natural
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PSTM	Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima
RAA	Resíduos Agrossilvopastoris e Agroindustriais
RDO	Resíduos Domésticos
REE	Resíduos Eletroeletrônicos
REG	Registro
RENOVABIO	Política Nacional de Biocombustíveis
RLRO	Resíduos com Logística Reversa Obrigatória
RLU	Resíduos de Limpeza Urbana
RSPS	Resíduos do Serviço Públicos de Saneamento
RSS	Resíduos do Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAAE	Serviços Autônomos de Água e Esgoto
SAF	Sistema Agroflorestal
SANEAR	Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento
SEAG	Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do ES
SEAMA-ES	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SECTIDES	Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico
SEDURB	Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SEMOBI	Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura
SEP-ES	Secretaria de Economia e Planejamento do Espírito Santo
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SIGA	Sistema de Informação de Geração da Aneel

SIN	Sistema Interligado Nacional
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SP	Serviços Públicos
SPIPA	<i>Strategic Partnerships for the Implementation of the Paris Agreement</i>
SWOT	Strengths, weaknesses, opportunities e threats
TRANSCOL	Serviço Público de Transporte Coletivo Urbano Municipal de Passageiros de Cariacica, Serra e Viana e Intermunicipal Metropolitano de Passageiros da RMGV
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
UC	Unidade de Conservação
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFV	Central Geradora Sola Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTE	Usina Termoelétrica
VA	Valor Adicionado
VBPA	Valor Bruto da Produção Agropecuária
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos
VTI	Valor de Transformação Industrial
WRI	<i>World Resources Institute</i>
ZA	Zona de Amortecimento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Projeção da poluição do Espírito Santo, 2010-2060. Fonte de dados: IBGE (2022).	26
Figura 2. Participação (%) dos setores no PIB Estadual, 2010-2019. Fonte de dados: IJSN (2021).	27
Figura 3. Participação das atividades econômicas no Valor Adicionado do Espírito Santo 2018. Fonte: IDEIES (2021).	27
Figura 4. Participação dos estabelecimentos e empregos formais no total do Espírito Santo, por setor econômico, em 2019. Fonte: IDEIES (2021).	28
Figura 5. Participação % das principais atividades industriais no VTI do Espírito Santo - 2007 e 2019. Fonte: IDEIES (2021).	29
Figura 6. Setores com as maiores quantidades de empregados formais na indústria do ES em 2019. Fonte: IDEIES (2021).	29
Figura 7. Quantidade de empregos industriais no Espírito Santo, por porte, em 2019. Fonte: IDEIES (2021).	30
Figura 8. Evolução da participação % das microrregiões na quantidade de empregos industriais do Espírito Santo. Fonte: IDEIES (2021).	30
Figura 9. Distribuição de empregos industriais por município em 2019. Fonte: IDEIES (2021).	31
Figura 10. Valor da produção do setor agropecuário no Estado do Espírito Santo nos últimos 10 anos. Subsetores: (a) Produção Animal, (b) Agricultura e (c) Silvicultura e Extração Vegetal. Fonte de dados: INCAPER (2022).	36
Figura 11. Projeção da geração das tipologias de resíduos sólidos até 2050. Fonte de dados: PERS-ES (2019).	43
Figura 12. Tipo de operador das Estações de Tratamento de Esgoto do Espírito Santo. Fonte de dados: Espírito Santo (2019).	49
Figura 13. Etapas de tratamento de esgoto presentes nas Estações de Tratamento de Esgoto do Espírito Santo. Fonte de dados: Espírito Santo (2019).	50
Figura 14. Produção de energia primária em 2020 no ES. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).	51
Figura 15. Consumo Final Energético no Espírito Santo por fonte em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).	52

Figura 16. Consumo final energético no ES por Setor da Economia e Fonte em 2020, em 1000 x GJ. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).	53
Figura 17. Participação % de cada Setor da Economia no consumo final energético de cada tipo de fonte no ES, em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).	54
Figura 18. Consumo do Setor Industrial por Ramo de Atividade em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022)	55
Figura 19. Evolução da geração e do consumo de energia elétrica no ES (sem Geração Distribuída). Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).....	56
Figura 20. Evolução da capacidade instalada de geração no Espírito Santo (MW) - 2002 a 2022. UTE - Usina Termoelétrica, UHE – Usina Hidrelétrica, PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas, UFV – Usina Solar Fotovoltaica, CGH - Centrais Geradoras Hidrelétricas, EOL – Eólica por Cinética dos Ventos. Fonte: ASPE (2022b).	57
Figura 21. Evolução da frota veicular no ES com base na quantidade acumulada de veículos emplacados por ano por tipo de veículo. Fonte de dados: IBGE (2022).....	65
Figura 22. Idade média da frota no ES por categoria de idade (5, 10 e acima de 10 anos). Fonte: Adaptado de (ONTL, 2022).....	66
Figura 23. Evolução da taxa de motorização no ES. Fonte: Adaptado de (ONTL, 2022).....	67
Figura 24. Evolução comparada na taxa de motorização no Brasil. Fonte: PNE 2050 (Brasil, 2020).	68
Figura 25. Participação das fontes na capacidade instalada.....	72
Figura 26. Projeção da participação das fontes na capacidade instalada da geração centralizada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Fonte: EPE (2021c).....	73
Figura 27. Projeção da variação de capacidade instalada no horizonte decenal prevista no no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, em GW por tecnologia. Fonte: EPE (2021c).	73
Figura 28. Geração total de energias renováveis incentivadas (eólica, solar, PCH e biomassa) e parcela vendida no mercado livre de energia (em MW médios). Fonte: ABRACEEL (2022).	74
Figura 29. Velocidade média anual do vento a 75 m no ES: (a) <i>onshore</i> e (b) <i>offshore</i> . Fonte: Atlas Eólico Espírito Santo (Amarante et al., 2009).	75
Figura 30. Processos de licenciamento ambiental de eólicas <i>offshore</i> abertos no Ibama até 20 de abril de 2022. Fonte de dados: GoogleEarth e IBAMA (2022)	77
Figura 31. Mapa da irradiação diária média anual no plano inclinado no Espírito Santo. Fonte: ARSP - A energia solar no Espírito Santo.....	79

Figura 32. Irradiação média no ES, no Brasil e em outras regiões do mundo. Fonte: ARSP - A energia solar no Espírito Santo	80
Figura 33. Total diário de irradiação no plano inclinado na latitude média anual no Brasil. Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2017).	81
Figura 34. Evolução com o tempo da potência instalada de energia solar no Brasil. Fonte: Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABESOLAR, 2022).....	82
Figura 35. Potencial energético de biomassa por setor. (a) Energia [MWh], (b) Potência [MW] e (c) percentual de energia em cada tipo de biomassa em relação ao total. Fonte: (ASPE, 2013).	84
Figura 36. Faixas de custos da produção de hidrogênio. Fonte: EPE (2021).	88
Figura 37. Curvas de projeção de custo do hidrogênio. Fonte: EPE (2021).	91
Figura 38. Escopos e fontes de emissão no método GPC. Fonte: Prefeitura de São Paulo (2021), adaptado de Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories, GPC (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014).	95
Figura 39. Evolução das emissões brutas de GEE do Espírito Santo, por setor fonte, de 1990 a 2020, exceto para Eletricidade – Escopo 2 (2008-2020). Fonte: SEEG.	96
Figura 40. Participação relativa dos setores fonte nas emissões de GEE do Espírito Santo e do Brasil (escopo 1), no ano de 2020. Fonte: SEEG.	97
Figura 41. Comparação da emissão per capita de GEE do ES com outras regiões do mundo. Fonte: Adaptado de IPCC (2022).	98
Figura 42. Emissões do setor Agropecuário em 2020. Fonte: SEEG.	100
Figura 43. Emissões de GEE relacionadas à queima de combustíveis e emissões fugitivas na produção de energia para as atividades do ES e Importação de Energia Elétrica. Fonte: SEEG e SIN.	103
Figura 44. Emissão de CO ₂ e por combustível utilizado no setor de Transportes do ES. Fonte: adaptado de SEEG (2022).	104
Figura 45. Emissão de CO ₂ e por combustível utilizado em cada subsetor de transportes (aeroviário, rodoviário, ferroviário e hidroviário), em 2020. Fonte: adaptado de SEEG..	105
Figura 46. Emissões do subsetor Produção de Combustíveis do ES, em 2020, diferenciadas por atividade geradora e, no caso da queima de combustíveis, por combustível utilizado. Fonte de dados: SEEG.	107
Figura 47. Emissões de GEE relacionadas ao uso de energia no setor Industrial: (a) por subsetor e (b) % participação de cada combustível nas emissões dos subsetores. Fonte de dados: SEEG.....	108

Figura 48. Contribuição % dos diferentes combustíveis utilizados para geração de energia no setor industrial. Fonte de dados: SEEG.	109
Figura 49. Evolução temporal da emissão de GEE no ES relacionada à Geração de Eletricidade (Serviço Público), 2000 – 2020. Fonte de dados SEEG.	110
Figura 50. Evolução temporal do fator de emissão de CO ₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, em tCO ₂ e/MWh. Fonte de dados: MCTI (2021b)	111
Figura 51. Emissões de GEE do subsetor Residencial no Espírito Santo, de 1990 a 2020, discriminadas por combustível utilizado. Fonte: SEEG.	112
Figura 52. Representação esquemática dos processos industriais incluídos nas estimativas de segundo as metodologias empregadas pelo SEEG e SIRENE. Fonte: MCTI (2022).	113
Figura 53. Emissões de GEE de processos industriais no ES, de 2000 a 2020. Fonte de dados: SEEG.....	115
Figura 54. Evolução temporal da emissão de GEE do setor de resíduos no ES, 1990 -2020. Fonte de dados: SEEG.....	116
Figura 55. Evolução temporal da emissão de GEE na disposição final de resíduos sólidos por tipo de resíduo no ES, 1990 -2020. Fonte de dados: SEEG.	116
Figura 56. Emissões de GEE do Estado por setor, subsetor e atividade econômica. Fonte SEEG.....	119
Figura 57. Contribuição % de cada atividade econômica para o total das emissões de GEE do ES, em 2020: (a) contribuições brutas e (b) contribuições líquidas para as emissões do ES. Fonte de dados SEEG.	121
Figura 58. Setores que compõem as áreas temáticas selecionadas para o agrupamento de estratégias.	122
Figura 59. Representação esquemática da metodologia de construção do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE baseada na abordagem de planejamento estratégico.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área ocupada, produção e Valor Bruto da Produção Agropecuária e Florestal (valor e participação percentual), do Espírito Santo em 2020. Identificação por grandes seguimentos e dos produtos que representam acima de 1%. Fonte: INCAPER (2022).....	35
Tabela 2. Matriz de potência instalada de geração de energia elétrica do ES a partir do regime de exploração e por origem do combustível: Autoprodutor de Energia (APE), Produtor Independente de Energia (PIE), Registro (REG) e Serviço Público (SP). Fonte de dados: Dados do Sistema de Informação de Geração da Aneel – SIGA.....	58
Tabela 3. Geração distribuída no ES quanto a Classe de consumo da unidade consumidora onde a Geração Distribuída está instalada, Tipo e Fonte. CGH – Central Geradora Hidroelétrica, EOL – Central Geradora Eólica, UFV – Central Geradora Solar Fotovoltaica, UTE- Usina Termoelétrica. Fonte de dados: ANEEL (2022b).	59
Tabela 4. Resumo das considerações de custos para as tecnologias do Modelo de Decisão de Investimentos empregado para elaborar o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (EPE, 2021b). Fonte: Adaptado de EPE (2021b).....	71
Tabela 5. Características dos projetos em licenciamento - Complexos Eólicos Offshore no ES. Fonte: IBAMA (2022).....	78
Tabela 6. Energia e Potencial de cada tipo de biomassa no ES. Fonte: Fonte: (ASPE, 2013).	85
Tabela 7. Classificação dos principais tipos hidrogênio em escada de cores.	87
Tabela 8. Definições de escopos para inventários regionais. Fonte: (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014).	94
Tabela 9. Emissão [Mton CO ₂ e] e a participação % dos setores na emissão bruta e líquida do ES. Fonte de dados: SEEG.	99
Tabela 10. Emissão/Redução Não Contabilizada no Inventário Nacional (NCI) em 2020.	101
Tabela 11. Dados de emissão e remoção de carbono de Florestas e Mudança do Uso do Solo, em 2020, no ES. Fonte: SEEG.	102
Tabela 12. Emissões das funções do transporte (tonCO ₂ e) e sua participação % nas emissões no setor de transporte no Estado do ES, em 2020. Fonte SEEG. Fonte: adaptado de SEEG.	106
Tabela 13. Visão conceitual da análise SWOT aplicada ao Plano de Neutralização das Emissões de GEE.	123
Tabela 14. Análise SWOT para área temática de Energia & Indústria.	124

Tabela 15. Análise SWOT para área temática de Transportes.....	126
Tabela 16. Análise SWOT para área temática de AFOLU.	127
Tabela 17. Análise SWOT para área temática de Resíduos.....	130
Tabela 18. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área de Indústria & Energia.....	141
Tabela 19. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Transportes.	144
Tabela 20. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área de temática AFOLU.....	146
Tabela 21. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Resíduos.	148
Tabela 22. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Indústria & Energia.....	151
Tabela 23. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Transportes.	159
Tabela 24. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área de temática AFOLU.....	165
Tabela 25. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Resíduos.	174



1

INTRODUÇÃO

Os seres humanos estão influenciando cada vez mais o clima e a temperatura da Terra. O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) da ONU demonstra, em seu mais recente relatório (IPCC, 2021), que a influência humana nas mudanças climáticas é inequívoca, induzindo significativas alterações no clima e causando mudanças observadas em extremos climáticos, como ondas de calor, forte precipitação, secas e tempestades.

Os últimos dados do IPCC (IPCC, 2021) demonstram que as concentrações atmosféricas de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem se elevado consideravelmente desde a Revolução Industrial. Notadamente, as concentrações atmosféricas de CO₂ são mais altas do que em qualquer momento em pelo menos 2 milhões de anos, e as concentrações de CH₄ e N₂O foram maiores do que em qualquer momento em pelo menos 800.000 anos. Desde 1750, os aumentos nas concentrações de CO₂ (47%) e CH₄ (156%) excedem em muito as mudanças que ocorreram naturalmente ao longo de milhares de anos no planeta. A temperatura da superfície global aumentou mais rápido desde 1970 do que em qualquer outro período de 50 anos, pelo menos nos últimos 2000 anos. Os extremos de calor se tornaram mais frequentes e mais intensos na maioria das regiões terrestres desde 1950, enquanto os extremos de frio tornaram-se menos frequentes e menos graves.

O aquecimento global intensificou o ciclo global da água, incluindo sua variabilidade, precipitação global e a severidade de eventos úmidos e secos, com consequências significativas para a agricultura e desastres naturais. Segundo o IPCC, é muito provável que eventos de forte precipitação e estiagem se intensifiquem e se tornem ainda mais frequentes, levando a episódios mais frequentes de inundações e secas como já se tem observado nos noticiários atuais. A mudança climática de origem antropogênica já contribuiu para o aumento das secas agrícolas e ecológicas em diversas regiões, devido ao aumento da evapotranspiração do solo e vegetações. A influência humana, também,

aumentou a chance de eventos climáticos extremos desde a década de 1950, incluindo aumentos na frequência de ondas de calor e secas, clima propício a incêndios e inundações.

Os resultados de modelos de projeção de cenários climáticos futuros demonstram que a temperatura da superfície global continuará a aumentar até, pelo menos, meados do século em todos os cenários de emissões considerados, mesmo com as políticas mais agressivas de redução de emissões. Estima-se que o aquecimento global de 1,5 °C e 2 °C será excedido durante o século 21, a menos que reduções profundas em emissões de CO₂ e outros GEE ocorram nas próximas décadas.

Desta forma, é extremamente importante planejar ações de mitigação e adaptação para cada região. Ações de mitigação são focadas na redução das emissões de GEE para evitar ou reduzir a mudança do clima. Ações de adaptação estão relacionadas a agir para se adaptar aos efeitos atuais das mudanças climáticas e preparar para impactos previstos no futuro.

1.1. AÇÕES DO ESPÍRITO SANTO

Como parte dessas ações, o Estado do Espírito Santo criou o Fórum Estadual de Mudanças Climáticas, que é presidido pelo governador do Estado, atualmente, Renato Casagrande, e tem representantes das secretarias de Estado, órgãos e autarquias, além de representantes da sociedade civil organizada e o setor produtivo, incluindo: da Federação das Indústrias do Espírito Santo (FINDES); da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado (FAES); da Federação das Empresas de Transportes do Estado do Espírito Santo (FETRANSPORTES); da Coordenação Estadual de Proteção e Defesa Civil; da Procuradoria Geral do Estado (PGE); da Assembleia Legislativa do Estado do Espírito Santo (ALES); da Academia; da Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente (ANAMA); da Associação dos Municípios do Espírito Santo (AMUNES); do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA). As decisões do Fórum Estadual de Mudanças Climáticas são baseadas nos direcionamentos técnicos da Comissão Estadual de Mudanças Climáticas, que propõe as ações que devem constituir o Plano Estadual de Mudanças Climáticas e representam o conjunto de projetos e estratégias a serem adotadas pelo Estado do Espírito Santo para enfrentar as causas e efeitos das Mudanças Climáticas.

A Comissão Estadual de Mudanças Climáticas realizou reuniões com representantes de 4 Estados da Federação (Minas Gerais, Pernambuco, Paraná e São Paulo), que já construíram ou estão construindo seus Planos Estaduais de Enfrentamento às Mudanças Climáticas, de maneira a analisar os elementos, ações e estratégias necessários para construção do plano estadual do ES e avaliar os principais desafios em sua elaboração e implementação. Assim, como resultado dessas ações, foi elaborado o documento “Nota Conceitual para

elaboração do Plano Estadual de Mudanças Climáticas” (CEMC, 2021), que descreve 24 ações necessárias para o enfrentamento das questões relacionadas às mudanças climáticas no ES.

O conjunto de ações previstas para o Plano Estadual de Mudanças Climáticas requer extenso trabalho de pesquisa de alternativas tecnológicas para a mitigação das emissões de GEE e confecção de instrumentos para diagnóstico e subsídio ao processo de tomada de decisão. A lista completa de elementos necessários para a construção do Plano inclui itens que vão desde as ações de construção/adaptação de infraestrutura para as novas condições climáticas até a implementação de instrumentos de financiamento para apoiar as modificações necessárias na matriz energética, transportes, processos industriais e demais atividades relacionadas.

O Espírito Santo aderiu oficialmente às campanhas “*Race to Zero*” (Corrida para o Zero) e “*Race to Resilience*” (Corrida para a Resiliência), da Organização das Nações Unidas (ONU), comprometendo-se com a realização de ações visando a neutralização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2050 e a resiliência climática. Como parte das ações necessárias para o cumprimento das metas acordadas pela Estado, destaca-se a necessidade de elaboração de estratégias e ações para atingir as metas de neutralização de emissões de GEE. Esta construção requer extenso trabalho de pesquisa de alternativas tecnológicas para a mitigação das emissões de GEE e confecção de instrumentos e políticas públicas para apoiar as modificações necessárias na matriz energética, transportes, processos industriais e demais atividades relacionadas.

A construção do Plano de Neutralização de Emissões de GEE envolve 02 etapas principais:

- Identificação de soluções ou rotas tecnológicas aplicáveis ao contexto e vocação do ES.



Race to Zero é uma campanha global para reunir lideranças com objetivo de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050, visando a limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C.

Esta campanha promovida pela ONU mobiliza uma coalizão das principais iniciativas Net Zero, representando 1.049 cidades, 67 regiões, 5.235 empresas, 441 dos maiores investidores e 1.039 instituições de ensino superior. Esses atores da “economia real” juntam-se a 120 países na maior aliança de todos os tempos comprometida em alcançar emissões líquidas zero de carbono até 2050, que agora cobrem quase 25% das emissões globais de CO₂ e mais de 50% do PIB.

- Proposição de mecanismos e políticas públicas que auxiliem a implementação do programa.

É importante salientar que tal esforço de pesquisa não deve apenas incluir especialistas e pesquisadores nos temas afetos a mitigação e adaptação, mas também os setores do governo do Estado, setores privados e a sociedade civil organizada. Desta forma, a elaboração deste Plano tem seu foco na busca de alternativas tecnológicas, incorporando neste trabalho a visão dos atores relevantes (*stakeholders*) da sociedade civil, representantes do governo e representantes da iniciativa privada, incluindo a proposição de mecanismos e políticas públicas que auxiliem as transformações necessárias.

O trabalho de pesquisa de alternativas/rotas tecnológicas é conduzido por especialistas em cada uma de suas áreas temáticas e servidores do Estado especificamente designados para atuar como elo entre o Plano Estratégico de Governo do Estado e o trabalho técnico desenvolvido pelos pesquisadores, garantindo o alinhamento das estratégias com a visão do Governo.

Na área de Agropecuária, o Plano de Neutralização de Emissões de GEE do ES é construído de maneira alinhada ao Plano de Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária do ES (ABC+), coordenado pela Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do ES (SEAG), de maneira a consolidar os esforços no setor agropecuário do ES para produzir sistemas sustentáveis, resilientes e produtivos.

A forma de construção do Plano de Neutralização de Emissões é baseada na abordagem de Planejamento Estratégico, contemplando as etapas de **Diagnóstico** (inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado) e **Planejamento**, definindo Diretrizes, Estratégias, Projetos e Planos de Ação para atingir a meta estratégica de neutralização de emissão de GEE do ES até 2050. Uma descrição completa da metodologia empregada na construção deste Plano é apresentada no “Caderno de Metodologia do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do ES”, que inclui descrições detalhadas da abordagem de planejamento estratégico empregada e do plano de mobilização social para engajamento e participação dos stakeholders. Este documento está disponível em:
<http://impactoclima.ufes.br/NetZeroES/documentos>.

O projeto foi concebido para construir o Plano de neutralização em 3 fases com gradual nível de detalhamento e refinamento:

- A primeira fase (Race to Zero), prevista para conclusão até agosto de 2022, contemplará as etapas de Diagnóstico, definição de Diretrizes globais e definição de estratégias ou caminhos tecnológicos a serem empregados em cada área temática para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050.

Nesta fase será construída a Versão I do Plano, considerada como Versão Orientativa.

- A segunda fase, prevista para conclusão até dezembro de 2022, amplia o detalhamento das ações de planejamento, detalhando as análises das estratégias/tecnologias e identificando as barreiras para implementação; definição de INDICADORES e METAS; e uma análise das limitações, potenciais e desafios de cada estratégia proposta. Nesta fase será construída a Versão II do Plano, considerada como Versão Intermediária.
- A terceira fase, prevista para conclusão até fevereiro de 2024, contempla os PROJETOS necessários para superar as barreiras identificadas para cada uma das estratégias delineadas. Além disso, serão definidos os PLANOS DE AÇÃO para execução dos projetos, contemplando a metodologia de execução, metas e responsabilidades pela execução, devidamente acordados com as partes envolvidas. O produto desta fase será a Versão Final do Plano, que contém os elementos necessários para sua revisão e um cronograma para as atividades de acompanhamento e revisão.

Este documento apresenta o produto da primeira fase da execução do Plano, ou seja, a Versão I do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do ES (Versão Orientativa), que apresenta um Diagnóstico da situação atual do ES e a definição de Diretrizes globais e estratégias/caminhos tecnológicos a serem empregados, incluindo a visão dos stakeholder envolvidos.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este documento está dividido em 4 capítulos. Após este material introdutório apresentado no Capítulo 1, o Capítulo 2 apresenta um diagnóstico sobre o panorama socioeconômico do ES e os desafios ligados à neutralização de emissões de GEE, incluindo uma descrição do inventário de emissões de GEE, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado relevantes para a rota de neutralização de emissões de GEE. O Capítulo 3 descreve princípios norteadores que são compartilhados por todas as áreas temáticas e serão empregados para definir as estratégias empregadas para redução das emissões em cada setor e o delineamento das estratégias a serem empregadas em cada área temática para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050. Finalmente, o Capítulo 4 apresenta as considerações finais sobre os resultados até o momento e descreve os próximos passos na construção do Plano de Neutralização das Emissões de GEE do ES.



2

DIAGNÓSTICO

Este capítulo tem o objetivo de discutir as vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado relevantes para a neutralização de emissões de GEE, com vistas a subsidiar a elaboração de rotas de mitigação das emissões do ES.

O capítulo está organizado em 6 seções principais. A Seção 2.1 descreve características socioeconômicas do Estado, discutindo o panorama atual dos setores Industrial, Agropecuária e Florestal e Resíduos no ES. A Seção 2.2 discute a matriz energética do ES, apresentando as principais fontes de energia empregadas, as características de consumo e uma discussão sobre os potenciais disponíveis com energias renováveis. A Seção 2.3 apresenta inventário de emissões de GEE do ES. A Seção 2.4 apresenta o conceito de áreas temáticas para organização das estratégias de minimização das emissões, visando a facilitar as análises e discussões por setor, sistematizando a análise de resultados e a proposição de políticas e estratégias para atingir os objetivos pretendidos dentro de cada atividade econômica. Finalmente a Seção 2.5 apresenta a análise SWOT, que representa um sumário dos fatores e características identificados nas seções anteriores deste capítulo, envolvendo as características, vocações, potencialidades e desafios de cada setor para atingir a meta de descarbonização da economia do ES até 2050.

2.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DO ESTADO

De acordo com o Censo 2010, conduzido pelo IBGE, naquele ano a população de ES era de 3.514.952 pessoas. Em 2022, a população estimada do Estado é de 4.151.923 habitantes (IBGE, 2022), correspondendo a uma densidade demográfica de 89,12 hab/km². Em 2010, o IDH do Estado foi de 0,740, ocupando o 7º lugar no ranking entre os estados brasileiros. Segundo o IBGE, a população projetada do Estado para o ano de 2050 será de 4.885.838 habitantes, representando um crescimento de aproximadamente 18% em relação à

população atual. A Figura 1 apresenta a projeção da população do Espírito Santo calculada pelo IBGE entre 2010 e 2060 (IBGE, 2022).

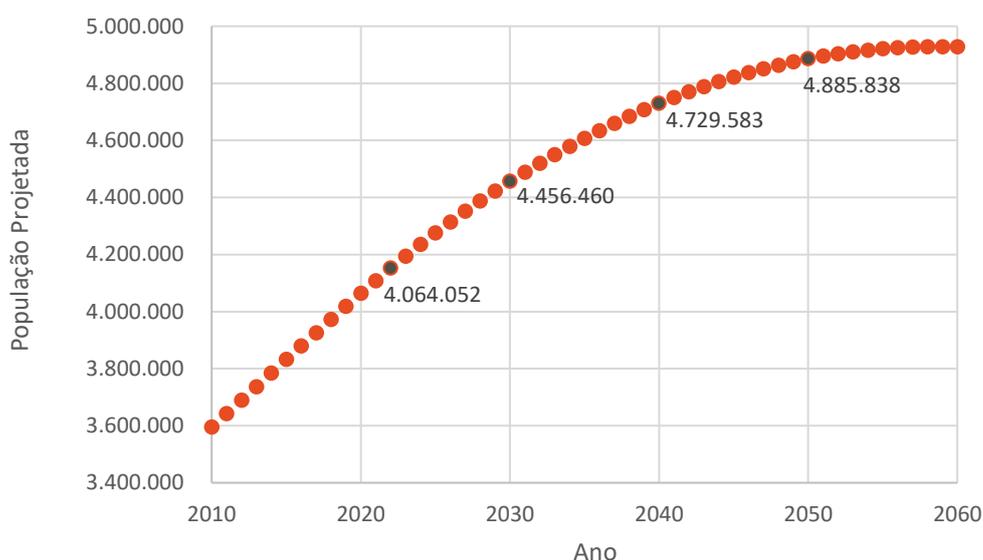


Figura 1. Projeção da população do Espírito Santo, 2010-2060. Fonte de dados: IBGE (2022).

A Figura 2 apresenta a participação percentual dos setores da economia na composição do PIB do Espírito Santo. A participação dos setores econômicos em cada região não é uniforme, conforme pode ser observado na Figura 3, a qual apresenta a participação % das atividades econômicas no Valor Adicionado (VA) do Espírito Santo setorial em cada microrregião do Espírito Santo em 2018. É possível notar que o setor de Comércio e Serviços é o principal responsável pelo VA de todas as microrregiões do Estado, com exceção da microrregião Litoral Sul, que possui predomínio da atividade industrial, e microrregião do Rio Doce, que possui um equilíbrio entre os setores Industrial e Comércio e Serviços. De maneira geral, é possível dividir as microrregiões do Estado em 2 grandes grupos:

- Microrregiões com predomínio das atividades do setor de Comércio e Serviços e do setor Industrial e baixa participação do setor Agropecuário na composição do VA: Metropolitana, Litoral Sul, Central Sul, Rio Doce.
- Microrregiões onde a setor agropecuário aparece de maneira mais significativa na composição do VA: Central Serrana, Sudoeste Serrana, Caparaó, Centro-Oeste, Nordeste e Noroeste. Neste grupo um destaque deve ser feito para as microrregiões Central Serrana, Sudoeste Serrana e Caparaó, que possuem participação do setor Agropecuário na composição do VA superior ao setor Industrial.

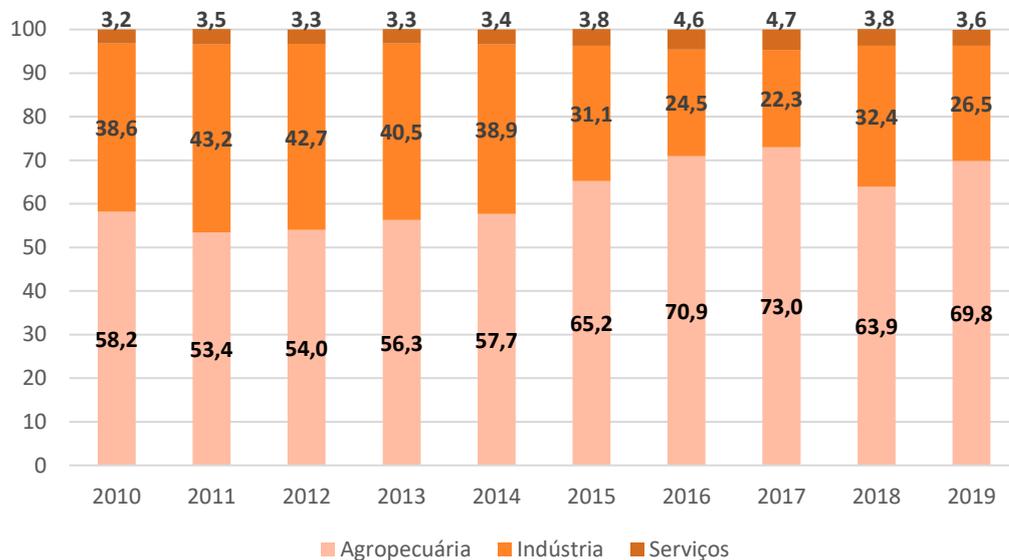


Figura 2. Participação (%) dos setores no PIB Estadual, 2010-2019. Fonte de dados: IJSN (2021).

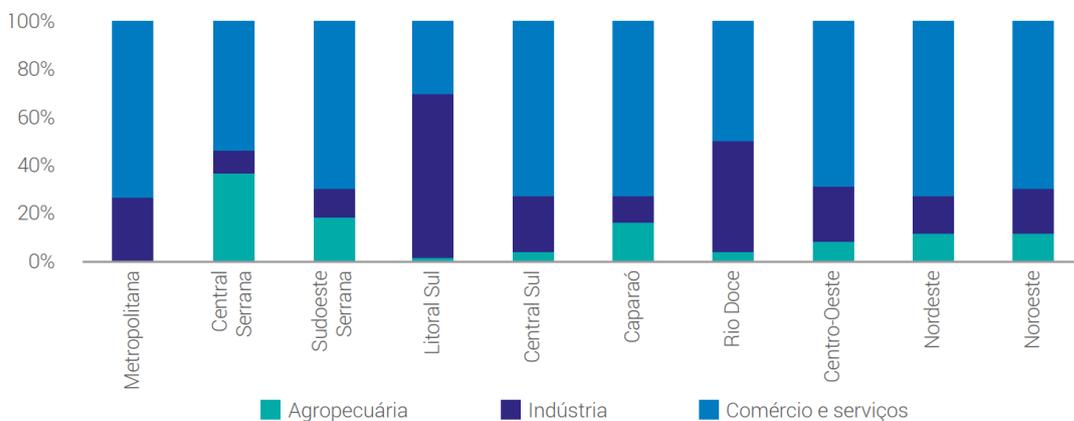


Figura 3. Participação das atividades econômicas no Valor Adicionado do Espírito Santo 2018. Fonte: IDEIES (2021).

Além da análise do PIB e VA do Estado, é também importante analisar a distribuições de estabelecimentos formais e empregos em cada um dos setores. A Figura 4 apresenta a participação dos estabelecimentos e empregos formais no total do Espírito Santo, por setor econômico, em 2019. Pode-se observar que existe novamente o predomínio dos setores de Comércio e Serviços, tanto no número de estabelecimentos quanto de empregos. Entretanto, é possível observar a relevância dos setores da Agricultura, Indústria de Transformação e Construção no número de estabelecimentos formais e dos setores Administração Pública, Indústria de Transformação, Construção e Agricultura no número de empregos.

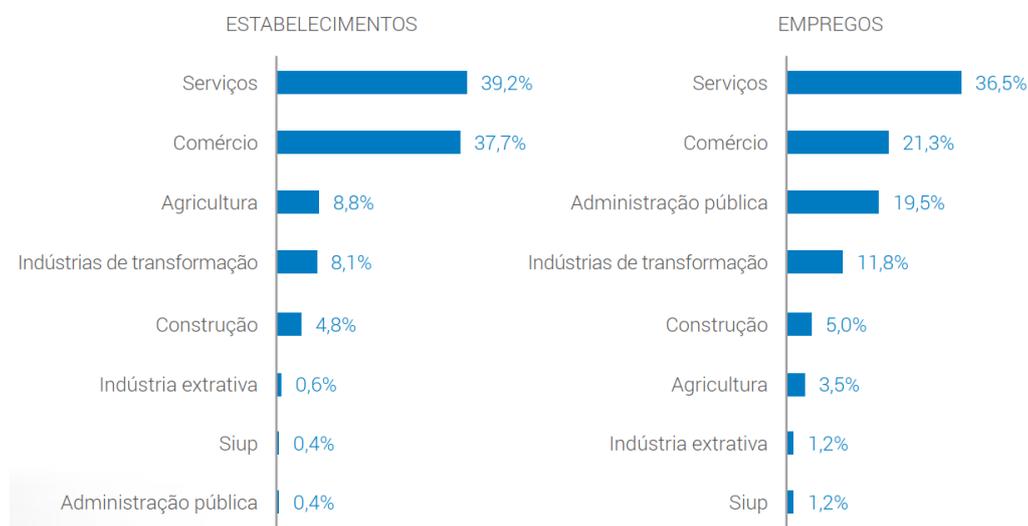


Figura 4. Participação dos estabelecimentos e empregos formais no total do Espírito Santo, por setor econômico, em 2019. Fonte: IDEIES (2021).

2.1.1 Panorama Industrial

As informações apresentadas nesta seção são baseadas no relatório intitulado “Panorama da Indústria do Espírito Santo”, publicado pelo Instituto de Desenvolvimento Educacional e Industrial do Espírito Santo - IDEIES (IDEIES, 2021). Segundo o documento, em 2019, 6 atividades industriais concentraram quase 83% do VTI¹ do Espírito Santo: extração de petróleo e gás natural (36,8%); extração de minerais não-metálicos (14,7%); metalurgia (10,4%); fabricação de produtos alimentícios (6,8%); fabricação de celulose, papel e produtos de papel (5,5%) e fabricação de produtos de minerais não-metálicos (8,1%). A Figura 5 apresenta a participação % das principais atividades industriais no VTI do Espírito Santo em 2007 e 2019.

O setor industrial no ES foi responsável por 118.831 empregos em 2019, sendo 107.436 na indústria de transformação e 11.395 na extrativa. A fabricação de produtos alimentícios, os produtos de minerais não-metálicos e a atividade de confecção de artigos do vestuário e acessórios, juntas, responderam por 45,5% do total de empregos na indústria do Estado (Figura 6). Os estabelecimentos industriais de micro e pequeno porte empregaram 54,0%

¹ O Valor da Transformação Industrial (VTI) é determinado pela diferença entre o valor bruto da produção e seus custos de operações. Dessa forma, essa variável reflete o quanto cada atividade industrial agregou de valor à produção.

dos trabalhadores da indústria capixaba em 2019. As médias e grandes indústrias foram responsáveis, respectivamente, por 24,4% e 21,6% (Figura 7).

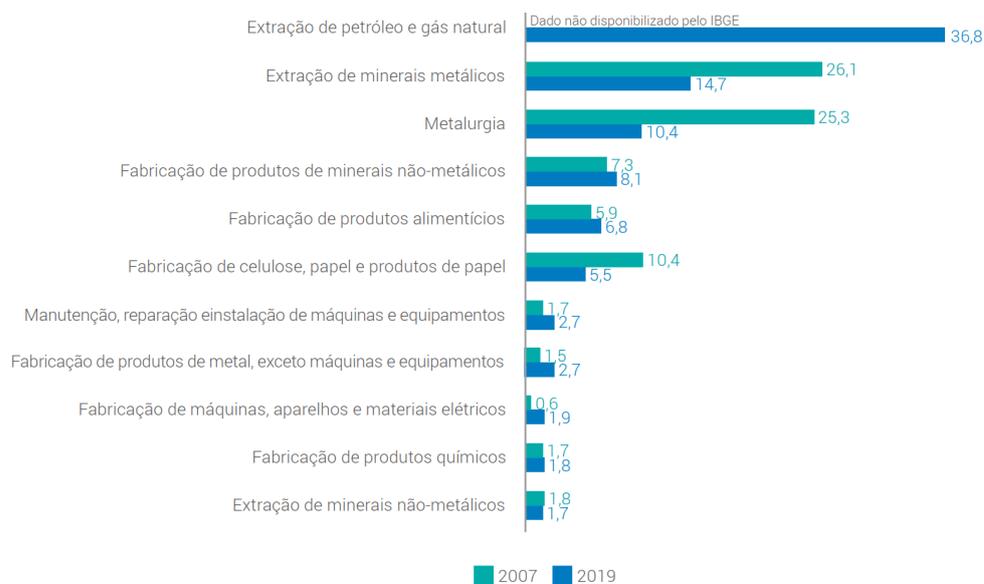


Figura 5. Participação % das principais atividades industriais no VTI do Espírito Santo - 2007 e 2019. Fonte: IDEIES (2021).



Figura 6. Setores com as maiores quantidades de empregados formais na indústria do ES em 2019. Fonte: IDEIES (2021).



Figura 7. Quantidade de empregos industriais no Espírito Santo, por porte, em 2019. Fonte: IDEIES (2021).

A Figura 8 mostra a evolução da participação % das microrregiões na quantidade de empregos industriais do Espírito Santo. Em 2019, a microrregião Metropolitana concentrou 41,0% dos empregos industriais de todo o Estado, ou seja, 48.679 empregos. As outras microrregiões com maior concentração de indústrias do Estado foram: Central Sul (18,0%), Centro-Oeste (11,2%) e Rio Doce (9,3%). A Figura 9 apresenta a distribuição de empregos industriais por município em 2019, onde é possível observar a clara predominância da distribuição de empregos industriais nos municípios da microrregião Metropolitana e Central Sul.

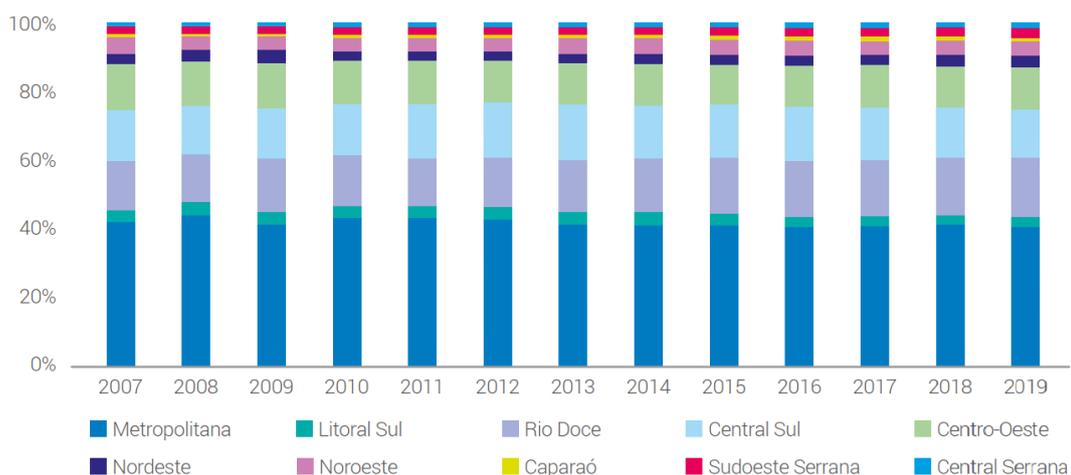


Figura 8. Evolução da participação % das microrregiões na quantidade de empregos industriais do Espírito Santo. Fonte: IDEIES (2021).

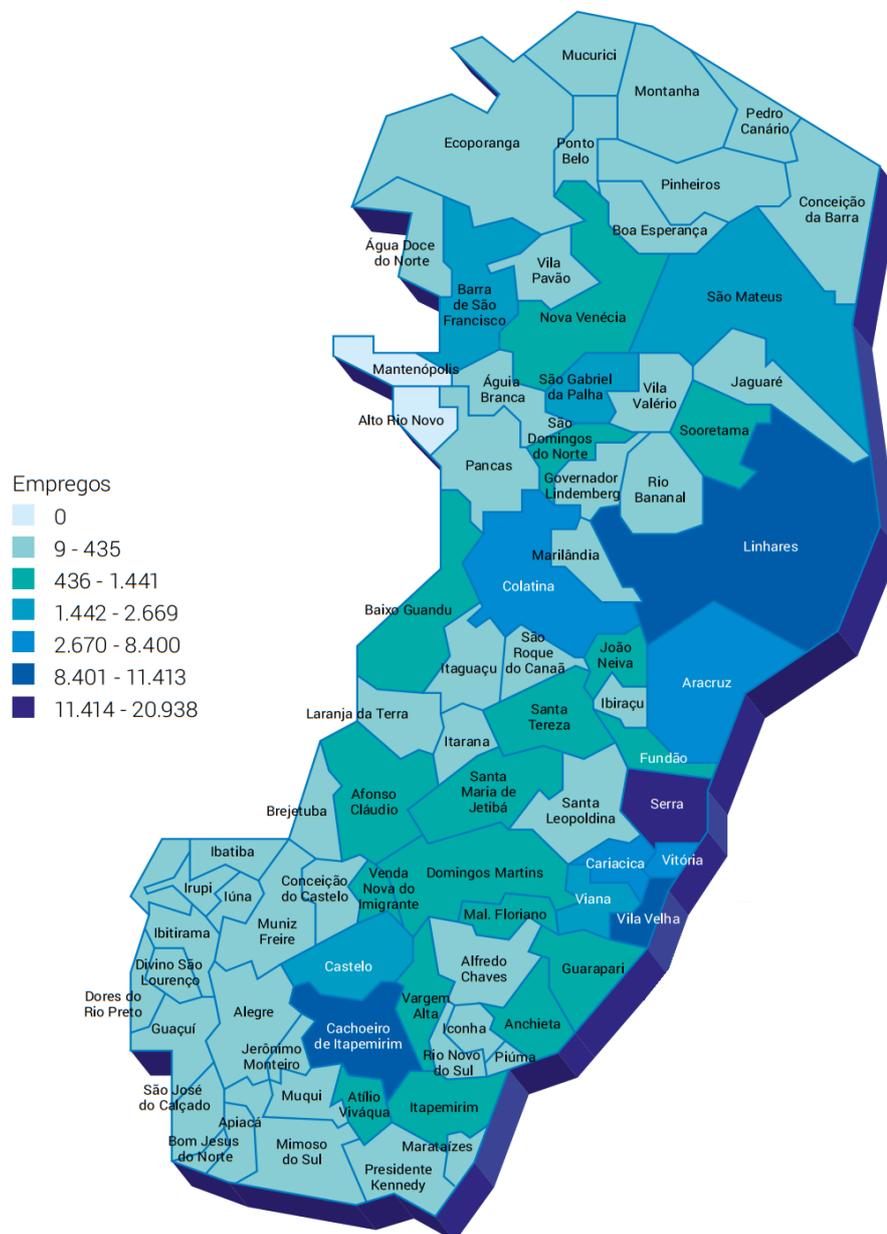


Figura 9. Distribuição de empregos industriais por município em 2019. Fonte: IDEIES (2021).

IDEIES (2021) também indica que cada uma das microrregiões possui suas particularidades, com setores industriais mais relacionados a algumas microrregiões. Por exemplo, extração e a fabricação de produtos de minerais não-metálicos foram as atividades predominantes nas regiões Central Sul, Litoral Sul e Noroeste, em 2019. A fabricação de produtos de madeira é predominante nas microrregiões Sudoeste Serrana e na Central Serrana. A confecção de artigos do vestuário e acessórios é uma das atividades industriais mais

relevantes na Centro-Oeste. As empresas do setor de confecção e artigos do vestuário, e a mão de obra empregada no setor metalúrgico são as que predominam na microrregião Metropolitana. A fabricação de produtos alimentícios aparece como uma das três principais atividades industriais em todas as microrregiões do ES.

Maiores detalhes sobre o panorama do industrial do ES podem ser encontrados em IDEIES (2021).

2.1.2 Panorama do Setor Agropecuário e Florestal

No Estado, 3,6% do PIB foram relacionados a agropecuária e, deste total, o PIB na agricultura representou 2,2% (principalmente café), no setor animal com 1,2% e no setor florestal com 0,2% (IJSN, 2019).

De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE de 2017, o Espírito Santo possui uma área de 3,25 milhões de hectares com 108 mil estabelecimentos agropecuários, sendo as regiões Litoral Norte e Noroeste as que possuem a maior participação na área agropecuária Capixaba, totalizando 35,60%. As pastagens estão presentes em 45% das terras Capixabas, sendo que 89% são pastagens plantadas em boas condições, o que representa 1.310.487 ha. Pastagens degradadas representam 161.960 ha, o que corresponde a 11% das terras e pastagens naturais estão em 5.504 ha. Em seguida, as áreas ocupadas com florestas e/ou matas no Estado representam 25% do uso das terras, sendo 65 % (521.729 ha) ocupados por florestas e/ou matas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal. Finalmente, as lavouras ocupam 22% das terras do Estado. A agricultura familiar está presente em 75% dos estabelecimentos agropecuários e ocupa 34% da área agropecuária no Estado.

Segundo IDEIES (2018), as atividades primárias, que englobam a agricultura, pecuária e produção florestal, respondem por 4,6% do valor adicionado (VA) à economia Capixaba. A expansão da silvicultura no Estado ocorreu a partir de 1970, influenciada, principalmente, pela produção de celulose branqueada.

O Espírito Santo também é mencionado por sua vocação na área florestal devido às condições naturais favoráveis, aliadas ao desenvolvimento tecnológico avançado da silvicultura e a outras condições privilegiadas, como localização geográfica, infraestrutura, logística de transporte e diversificação de plantas industriais, entre outras. Valverde et al. (2005) apontavam um elevado potencial de crescimento da atividade florestal no Estado, assegurando um papel de destaque do setor como um dos seus principais vetores de desenvolvimento capixaba. O setor gera cerca de 80 mil empregos diretos e indiretos e envolve em torno de 28 mil propriedades rurais como fomentados e produtores independentes.

A bovinocultura de corte capixaba é praticada em sua maior parte em áreas de pastagens, com uma diversidade de sistemas de produção, mas com predomínio do sistema extensivo. A raça predominante é a Nelore, mas as raças taurinas como a Angus têm sido criadas por muitos pecuaristas. No Estado, o efetivo do rebanho bovino é de 2.106.299 cabeças, o que representa 1% do rebanho nacional, ocupando a 17ª posição entre os estados com maiores rebanhos. Ecoporanga é o município com maior quantitativo de animais (221.749 cab.), seguido por Linhares (139.841 cab.) e Montanha (98.520 cab.), consolidando as regiões Noroeste e Rio Doce como destaque para esta importante atividade. Já a bovinocultura leiteira está presente em 90% dos municípios capixabas, exercendo um papel de extrema importância no desenvolvimento econômico estadual. É desenvolvida tradicionalmente por pequenos e médios produtores rurais familiares que possuem, em sua maioria, pequenas áreas e rebanho, sendo este composto por animais cruzados, oriundos da genética de gado Holandês e Zebu. Segundo o IBGE (2020) foram ordenadas 197.109 vacas no Espírito Santo com uma produção média de 392.474 milhões de litros de leite, o que coloca o Estado na 16ª posição no ranking nacional.

Nos últimos anos houve um grande avanço tecnológico na produção agropecuária do Espírito Santo, tendo na cultura do café um grande exemplo, na qual o Espírito Santo é o segundo maior produtor nacional – se consideradas a população e a área territorial capixaba, o Estado ocupa o primeiro lugar no contexto nacional, com enorme vantagem sobre os demais Estados. Portanto, a cafeicultura possui importância ainda maior no Espírito Santo, comparado aos demais estados brasileiros. Retratando a grande contribuição do conhecimento (geração e uso) para a cafeicultura, ressaltam-se a seguir alguns números do Café Conilon no Estado. Em 1999, a produção foi de 2,69 milhões de sacas, em uma área de 322 mil hectares, uma produtividade abaixo de 10 sacas por hectare. Depois de três anos, a produção mais que dobrou (7,25 milhões), praticamente na mesma área (329 mil hectares), ou seja, uma produtividade de 22 sacas por hectare. Estes números são reflexo do grande avanço tecnológico da cafeicultura no Estado no final da década de 1990, que continuou nos anos seguintes, sendo observado melhorias na produtividade, geração e uso de tecnologia. Vale destacar que dois anos de seca levaram a produção a valores abaixo de 6 milhões de sacas nos anos de 2016 e 2017. Essa catástrofe climática trouxe muitos prejuízos a todo o Espírito Santo e segmento, porém os agricultores vêm superando a crise, estando agora com mais preparo e conhecimento. Nos últimos anos, a produção de café Conilon tem sido aproximadamente 10 milhões de sacas, em cerca de 250 mil hectares de área cultivada (área bem inferior a 1999). Nesse sentido, esse avanço tecnológico na cultura do café também contribuiu para preservar o ambiente/matias capixabas, pois produz-se muito mais em menor área. Tais benefícios são um resultado direto da geração e difusão de tecnologia (por agricultores, técnicos e pesquisadores) e seu uso, realizado principalmente pelos cafeicultores e toda equipe de trabalhadores envolvidos no seguimento.

O Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBPA) para o ano de 2020 foi de aproximadamente R\$ 12,4 bilhões. A participação das atividades relacionadas a agricultura foi de 68,2%, Produção animal de 29,0% e Silvicultura e Extração Vegetal de 2,8%. A cafeicultura representou 37,0% do VBPA (25,77% para café Conilon e 11,27% para café Arábica), seguido pela pimenta do reino (5,00%) e banana (3,83%). Na parte animal o destaque foi a produção de ovos de galinha (10,20%), seguido por carcaça de bovinos (6,66%). Na Silvicultura e Extração Vegetal o destaque é para madeira, papel e celulose (1,59%).

De acordo com dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2022), apresentados na Figura 10, nota-se um aumento no valor da produção nos últimos 10 anos do setor agricultura e o mesmo ocorre no setor produção animal. Por sua vez, há uma queda no setor de Silvicultura e Extração Vegetal. Nota-se uma tendência de crescimento da produção e valor ao longo dos anos e, ao mesmo tempo, ocupação de menor área. A área da produção relacionada a agricultura tem ficado abaixo de 600 mil hectares, com uma queda de aproximadamente 100 mil hectares no comparativo com o ano de 2011. A produção de carcaça de bovinos no Estado em 2020 foi de 59.677 toneladas, 18% menor do que a quantidade produzida em 2019 que foi de 72.902 toneladas. De 2011 para 2020 houve uma redução de 9.412 toneladas na quantidade produzida.

De acordo com dados de plantios florestais licenciados pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal – IDAF, o Espírito Santo possui 162.337,07 ha de florestas plantadas, compostas em sua maioria por espécies do gênero *Eucalyptus* sp. Em geral, os plantios licenciados pertencem a empresas do setor de celulose e papel (147 mil hectares) e se concentram principalmente na região norte do Estado, sendo a outra parte dos plantios realizados por particulares e localizados principalmente nos municípios de Pinheiros e São Mateus. A cadeia produtiva de produtos florestais não madeireiros do Estado do Espírito Santo envolve principalmente a produção de palmito, pinus para extração de resinas e frutas nativas da Mata Atlântica.

Tabela 1. Área ocupada, produção e Valor Bruto da Produção Agropecuária e Florestal (valor e participação percentual), do Espírito Santo em 2020. Identificação por grandes seguimentos e dos produtos que representam acima de 1%. Fonte: INCAPER (2022).

Seguimento	Área colhida (ha)	Produção	Unidade	Valor (mil R\$)	Participação (%)
Agricultura	587.792	6.223.030		8.474.570	68,16
Produção Animal	1.310.487			3.606.200	29,00
Silvicultura e Extração Vegetal	599.832			353.125	2,84
Total				12433895	100,00
Cultura/Atividade	Área colhida (ha)	Produção	Unidade	Valor (mil R\$)	Participação (%)
Café conilon (em grão)	261.943	568.893	t	3.204.117	25,77
Café arábica (em grão)	123.070	218.510	t	1.401.470	11,27
Ovos galinha		402.073	mil dz	1.268.664	10,20
Carcaça de bovinos		59.677	t	828.044	6,66
Leite		392.474	mil L	656.647	5,28
Pimenta-do-reino	17.100	67.594	t	622.163	5,00
Carcaça de aves		136.807	t	536.283	4,31
Banana	28.737	415.882	t	476.531	3,83
Tomate estaqueado	2.598	149.314	t	330.300	2,66
Mamão	7.309	438.855	t	329.959	2,65
Carcaça de suínos		23.555	t	206.889	1,66
Madeira p papel e celulose		3.000.826	m ³	198.116	1,59
Inhame	3.422	95.490	t	175.599	1,41
Repolho	5.488	247.093	t	161.692	1,30
Gengibre (rizoma)	656	35.940	t	161.327	1,30
Chuchu	1.682	192.359	t	155.014	1,25
Cana-de-açúcar	43.217	2.578.915	t	150.654	1,21
Cacau (amêndoa)	17.185	11.305	t	134.824	1,08
Outros				1.435.601	11,57
Total				12.433.894	100,00

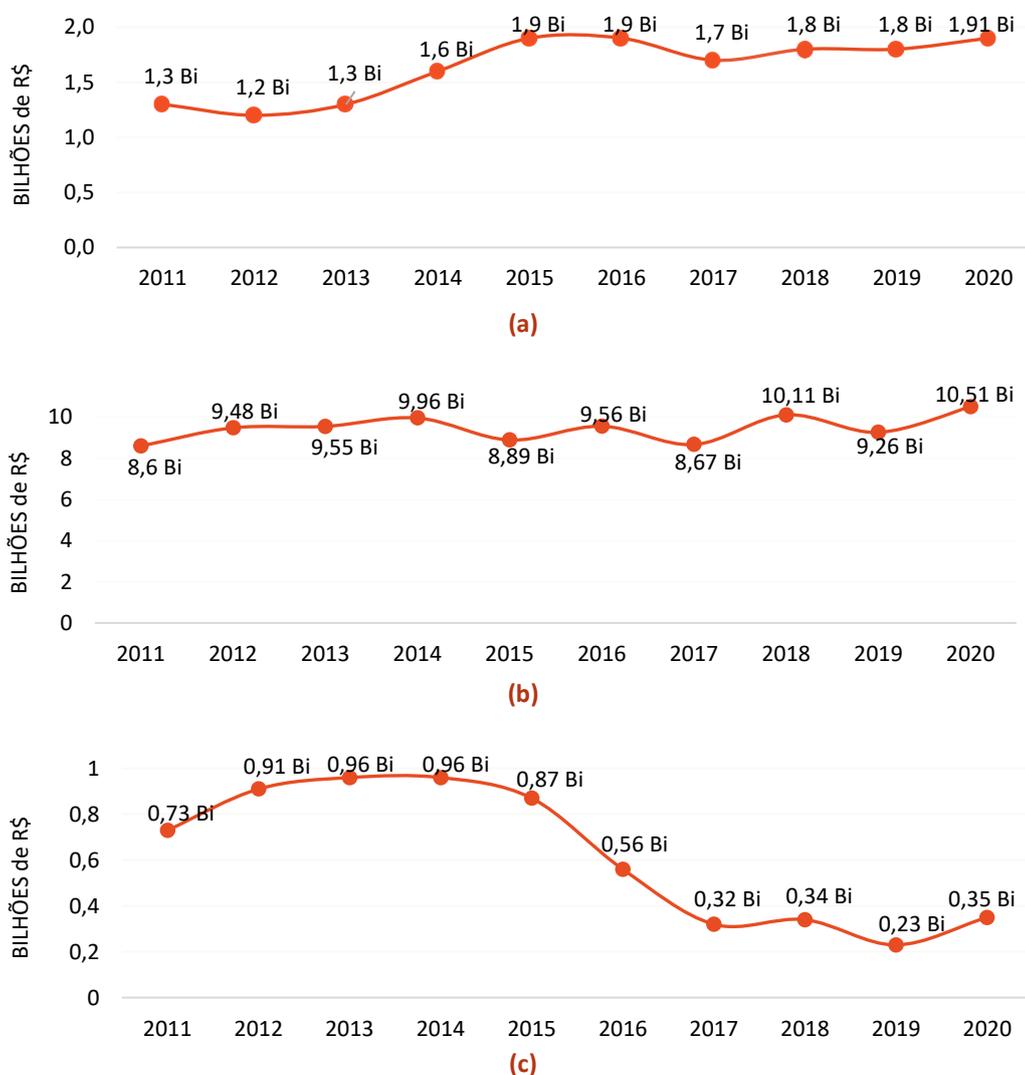


Figura 10. Valor da produção do setor agropecuário no Estado do Espírito Santo nos últimos 10 anos. Subsetores: (a) Produção Animal, (b) Agricultura e (c) Silvicultura e Extração Vegetal. Fonte de dados: INCAPER (2022).

Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura do Espírito Santo (2015-2030), considerando a cadeia produtiva de produtos florestais madeireiros, a produção Capixaba de carvão vegetal foi de 41 mil toneladas e gerou o valor bruto de R\$ 24,4 milhões, cerca de R\$ 0,60 por kg. A produção de madeira em tora foi de 6,1 milhões de m³ e valor bruto de R\$ 532 milhões, isso equivaleu a R\$ 87,21 por m³. A produção de lenha registrada foi aproximadamente 430 mil m³, com valor bruto de R\$ 17,8 milhões, aproximadamente R\$ 41,40 por m³ (PEDEAG 2016).

Tendo em vista os dados apresentados, deve-se levar em conta que muitos deles podem ser oriundos de diferentes fontes e períodos, o que pode levar a conflitos de informações. É importante ressaltar que bases de dados fidedignas são essenciais para se construir um plano de descarbonização efetivo e este deve ser um tema que merece especial atenção. Nesse sentido, em ações futuras, é importante dedicar esforços para se construir bases de dados locais com maior nível de detalhes e grau de confiabilidade.

Analisando os desafios existentes para a implementação de uma economia livre de carbono, é possível destacar as seguintes características relevantes do Setor Agropecuário e Florestal no ES:

1. **Tradição florestal do Estado, com a presença de diversas atividades relacionadas à produção florestal, incluindo a presença de importantes empresas florestais.** As atividades de silvicultura estão notoriamente presentes no Espírito Santo, por sua aptidão edafoclimática para a produção florestal, aliada à localização e logística de portos e presença de indústria de base florestal. O Estado possui, principalmente na região Litoral Norte, extensas áreas de plantios de eucalipto, destinadas à produção de celulose. Apesar da maior parte desses plantios pertencerem à empresa Suzano, aproximadamente 65%, há também áreas de plantios florestais particulares e da empresa Placas do Brasil, com uso da madeira para outros fins. Na região Serrana, de clima mais ameno, há plantios de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, destinados à produção de madeira serrada.
2. **Grande espaço para converter áreas degradadas em áreas recuperadas, com grande potencial de fixar carbono.** Segundo levantamento realizado no ano de 2012 pelo Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO), a área agrícola degradada no Estado do Espírito Santo era de 393.321,55 ha, o que correspondia a 8,54% da área estadual e 16,65% da área agrícola total. A maior parte (60%) dessas áreas degradadas correspondem a pastagens, sendo áreas não produtivas e que, se recuperadas pelas devidas técnicas de restauração florestal, adequadas ao grau de impacto de cada local, oferecem potencial de fixação de carbono.
3. Existência de ações de políticas públicas já consolidadas de Agricultura de Baixo Carbono, inclusive com linhas de créditos específicas. Em 2014, o Estado elaborou um Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono do Espírito Santo - PLANO ABC - Espírito Santo 2014-2020 que está em fase de revisão de forma mais abrangente, intitulado: Plano de Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária do ES (ABC+), com ações e metas a serem alcançadas em diferentes tecnologias sustentáveis.
4. **Existência de ações de políticas públicas já consolidadas de incentivo ao plantio de florestas comerciais e projetos de restauração/recuperação da Mata Atlântica.** O Estado do Espírito Santo possui a Política de Incentivo à Cadeia

Produtiva de Base Florestal do Espírito Santo (Mais Floresta Produtiva) e o Programa Reflorestar, que têm ajudado os produtores rurais capixabas a unir conservação e geração de renda. Sancionada em 5 de novembro de 2018, a Lei Estadual 10.918 instituiu a Política de Incentivo a Cadeia Produtiva de Base Florestal do Espírito Santo (Mais Floresta Produtiva), que tem por objetivo o desenvolvimento sustentável na expansão de áreas com florestas produtivas e adequação ambiental das propriedades agrícolas, por meio de parcerias baseadas em um modelo de gestão descentralizado e fundamentado na governança interinstitucional. Já o programa Reflorestar trata de apoio na forma de pagamentos por serviços ambientais (PSA) fornecido na restauração da floresta nativa, seja por meio do plantio de mudas ou pela condução da regeneração natural. O programa surgiu com o objetivo principal de restauração do ciclo hidrológico e geração de oportunidades e renda para o produtor rural, no entanto, as atividades de conservação e recuperação da cobertura florestal são estratégias de fixação de carbono e mitigação das emissões de gases de efeito estufa do Estado.

5. **Crescimento contínuo da produtividade em praticamente todas as culturas. Maior produção em menos área, comparado aos anos anteriores.** É notório o grande ganho de produtividade em todas as espécies cultivadas, portanto aumento significativo da produção em áreas até menores comparativamente a 20 anos.
6. **Crescimento marcante das pesquisas científicas e formação de recursos humanos em praticamente todas as áreas do conhecimento, inclusive as Ciências Agrárias.** Dados de levantamentos realizados em bases indexadoras internacionais de artigos científicos tem mostrado um grande crescimento da produção científica no Estado, tendo um crescimento maior que o dobro do crescimento médio brasileiro em número de artigos. Também houve um crescimento superior a 400% no número de pós-graduandos formados (mestrado e doutorado) no Estado nos últimos anos, principalmente pela UFES e IFES, produzindo mão-de-obra qualificada de alto nível para atuação no mercado estadual.
7. **Extensão rural em todos os municípios do Estado.** A presença do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural em todos os municípios do Estado através de escritórios locais, bem como a atuação de outros órgãos importantes como o Senar, Cooperativas e até mesmo consultoria particular e empresarial promovem ações integradas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, servindo de apoio e elo para o produtor rural.
8. **Fiscalização agropecuária e florestal em todos os municípios do Estado.** Presença do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) responsável pela execução da política agrária do Estado no que se refere às terras públicas, pela execução da política cartográfica e pela execução da política de defesa sanitária das atividades agropecuárias, florestais, pesqueiras, dos recursos

hídricos e solos bem como pela administração dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, demais formas de vegetação existentes e da fauna no território do Estado do Espírito Santo.

9. **Potencial de produção de biocombustível no Estado.** Um plano de descarbonização, certamente, passa pela redução do uso de combustível fóssil e adoção de energia alternativa. O Estado tem perfil agrícola para cultivo de espécies vegetais com potencial produção de biocombustível. Entretanto, este tipo de estratégia depende fortemente do setor de energia, que tem maiores condições de organizar as cadeias de consumo da energia produzida, de modo a orientar a produção do setor agrícola. É importante ressaltar que a produção de biocombustível envolve o uso de grandes áreas com os seus custos associados e, não havendo um mercado de energia bem-organizado para consumir o biocombustível produzido, poderia acarretar grandes problemas ao produtor rural. Além disso, o produtor rural precisaria ser convencido a mudar o seu sistema de produção, substituindo as culturas que são tradicionalmente produzidas por vegetais capazes de produzir biocombustíveis. As barreiras tecnológicas para a produção de culturas pouco tradicionais também devem ser levadas em conta.
10. **Cadeia da bovinocultura em expansão.** É relevante reconhecer a grande importância socioeconômica e cultural da bovinocultura no Estado. Esta atividade desenvolvida em pastagens extensivas ocupa uma área significativa no ES, com sistemas de produção diversificados, mostrando que alguns produtores têm se especializado ainda mais na atividade em comparação a modos tradicionais e sem acesso às tecnologias disponíveis. Através de iniciativas do governo estadual e de empresas privadas, é possível verificar o incentivo à melhoria da produtividade dos sistemas de produção de bovinos de corte e leite. Como exemplo, o governo estadual, através do Programa de Bovinocultura Sustentável², fomenta o melhoramento genético do rebanho através das feiras de touros pró-genética aos produtores interessados em aumentar o potencial produtivo do rebanho. No Estado existem empresas estruturadas, como laticínios, cooperativas, frigoríficos, bem como associação de criadores de gado de leite, de corte e fomento ao setor através de linhas de crédito. Entretanto é necessário destacar que a degradação de pastagens tem se apresentado como um problema ambiental significativo, especialmente no Sul do Estado, que, além de ameaçar a conservação do solo,

² O Programa Capixaba de Bovinocultura Sustentável visa fortalecer e desenvolver a cadeia produtiva da pecuária bovina capixaba com sustentabilidade. Criado pela SEAG e Incaper, o objetivo do programa é facilitar o acesso dos pecuaristas às tecnologias de produção e de gestão, ampliando seus conhecimentos, além de estimular a diversificação das atividades econômicas do meio rural e a recuperação de áreas degradadas. Com isso, espera-se que haja o aumento da renda dos produtores rurais e de suas famílias, além da geração de empregos no campo.

podem estar relacionadas ao mal manejo da bacia (produção e água). Nesse sentido, o plano de descarbonização pode ser encarado como uma grande oportunidade de, além de seu objetivo central, resolver ou mitigar os problemas ambientais mencionados.

11. **Agricultura diversificada no Estado, facilitando a integração entre sistemas produtivos.** Apesar do cultivo de café ocupar aproximadamente 46% da área das culturas agrícolas anuais e permanentes, incluindo a silvicultura, o Espírito Santo se caracteriza por possuir plantios de diferentes culturas. Apesar de na maioria serem áreas pequenas, há cultivo e mercado de hortaliças e frutas como mamão, morango, banana, coco, cacau, *citrus*, abacaxi entre outras. Toda esta variedade de cultivos agrícolas demonstra a potencialidade de diversificação e favorece a implantação de sistemas produtivos integrados e consorciados, tornando possível a ampliação e produção de alimentos mais sustentável, além de maior segurança econômica dos agricultores familiares.
12. **Avanço no domínio tecnológico dos processos produtivos (agrícolas, florestais e pecuários) no Estado do Espírito Santo.** Devido ao trabalho de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, realizado por instituições federais e estaduais, e empresas privadas em vários setores da agropecuária (como nas culturas do café, mamão, pimenta do reino, citricultura, pecuária leiteira e no setor florestal), são realizadas capacitações com técnicos, produtores, estudantes das ciências agrárias, que contribuem para melhoria dos índices produtivos e adesão a diversas tecnologias na propriedade rural.
13. **Existência de diversidade climática no Estado.** O Estado do Espírito Santo destaca-se no cenário agrícola nacional, com diversificado sistema agrícola de produção, devido a variação nas condições físico-climáticas, desde clima quente e seco ao norte, ao frio e úmido na região serrana, o que favorece a diversificação agrícola, com a implantação de culturas de clima tropical e temperado. Ademais, com exceção da região Litoral Norte, a maioria dos municípios capixabas apresentam áreas baixas e elevadas em seus territórios. No entanto, as áreas das espécies cultivadas são pequenas, mas com grande potencial de crescimento, o que proporcionaria um uso mais sustentável, principalmente para áreas com usos inadequados do solo.
14. **Agricultura orgânica – Bioinsumos.** A agroecologia é uma realidade no Estado, muito adequada à agricultura familiar. A prática agroecológica se encontra voltada principalmente a olerícolas, com potencial de ampliação para frutíferas, meliponicultura e criação de galinhas caipiras, estando essas atividades em pequenas propriedades rurais. Iniciativas do governo do Estado de encurtamento da cadeia produtiva, como as feiras agroecológicas, têm proporcionado o acesso a produtos orgânicos certificados aos moradores dos grandes centros e incentivado a produção, principalmente nos municípios próximos à capital. A agricultura de

base agroecológica proporciona mudanças do sistema, como por exemplo, a compostagem e o uso de bioinsumos que potencializam o reaproveitamento de resíduos e a redução na emissão de CO₂. O bioinsumo é uma alternativa dentro da prática agroecológica. Para muitos agricultores, além dos produtos externos destinados a produção orgânica serem caros, inacessíveis e tratarem de um problema específico, a produção do próprio bioinsumo é importante aliada dos sistemas de produção e na promoção de produção agrícola mais sustentável.

2.1.3 Panorama do Setor de Resíduos

Nesta seção será apresentada uma breve descrição do panorama atual dos setores de Resíduos Sólidos e Efluentes do ES. A descrição socioeconômica do setor de resíduos está direcionada para o tratamento e disposição final de diferentes tipologias geradoras de resíduos sólidos e para o tratamento de efluentes sanitários e industriais, principais responsáveis pelas emissões de GEE do setor. Em termos de Resíduos Sólidos, não são consideradas todas as tipologias, apenas as que majoritariamente são encaminhadas para aterros sanitários e, secundariamente, aquelas com potencial para produção de matéria prima para a indústria e recuperação energética, a saber: resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de serviços públicos de saneamento (RSPS), resíduos dos serviços de saúde (RSS) e resíduos agroindustrial e agroindustriais (RAA).

2.1.3.1 Resíduos Sólidos

Segundo o inventário nacional do SEEG (OC, 2021), os aterros sanitários respondem pela maior parcela das emissões de GEE do setor, resultante da degradação biológica prioritariamente anaeróbia de compostos orgânicos em biogás, o qual é formado majoritariamente por metano e dióxido de carbono, além de outros componentes traço (AGHDAM et al., 2019). No Espírito Santo, de acordo com o diagnóstico apresentado no Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-ES) em 2019, 87% dos municípios relataram encaminhar seus resíduos sólidos urbanos (RSU) para aterros sanitários. O mesmo destino também foi informado para resíduos industriais Classe II A, lodo de ETE, bem como grande parte dos resíduos agroindustriais (36%) e agroindustrial.

Dentro dos aterros, a produção de biogás inicia com a cobertura da frente de trabalho diária da célula e pode perdurar além do encerramento do aterro, podendo ser coletado por sistemas ativos ou passivos. Durante esse período, o gás pode ser perdido superficialmente a depender das características do local do aterro e sua cobertura (como inclinações, interseções de células, trincas, fissuras, junto com coleta de lixiviados ou através da vegetação de cobertura) ou em vazamentos nas tubulações, resultando na parcela de GEE oxidada no solo e/ou emitida para a atmosfera. Enquanto nos sistemas de coleta passivo a pressão do gás gerada no interior da célula do aterro serve como força

motriz para o movimento do gás, favorecendo sua perda, no sistema de coleta ativo, a pressão negativa induzida mecanicamente é utilizada para controlar o fluxo extraído de gás, evitando as perdas superficiais ou nas tubulações.

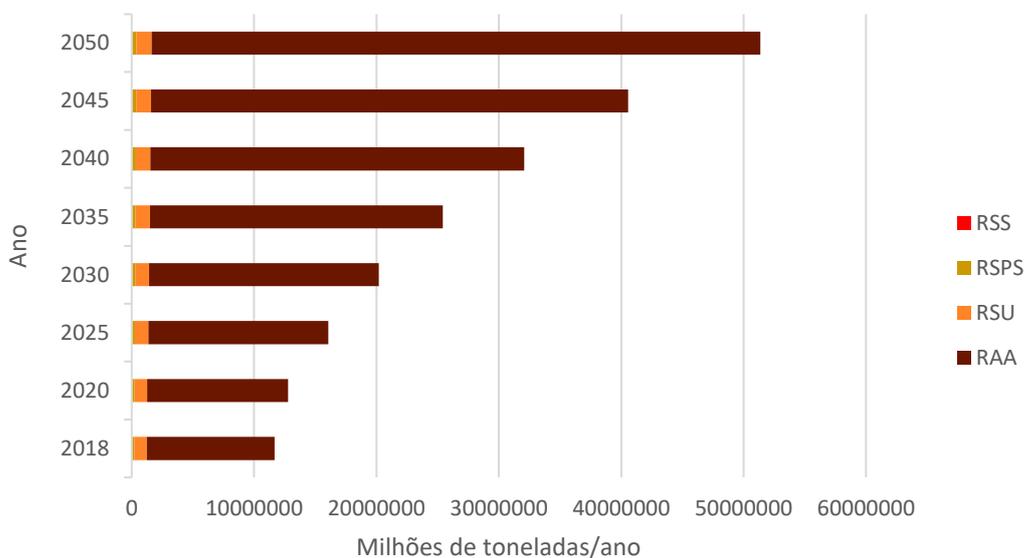
Atualmente, o ES possui 6 aterros sanitários, sendo os particulares instalados nos municípios de Aracruz, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica e Vila Velha, e mais recentemente o de Linhares, bem como um aterro público instalado no município de Colatina. Dos aterros sanitários em operação, todos promovem a queima do biogás gerado em seus interiores. Entretanto, em dois desses aterros a coleta ativa de gás os conduz a queimadores industriais com chama enclausurada tipo *Flare*. Há o caso de aproveitamento energético em um destes aterros com capacidade instalada atual de 3 MW. No entanto, 2 aterros sanitários ainda contam com um sistema de captação e queima passiva de biogás, favorecendo emissões por desprendimento superficial e ineficiência do sistema de coleta e queima não enclausurada.

O aproveitamento energético do biogás é uma tendência internacional com forte impacto na redução das emissões de GEE, seja pela busca ativa e controle de perdas superficiais ou em tubulações, seja pelo deslocamento na produção de energia desse combustível em detrimento daquela produzida a partir de combustíveis fósseis. O PLANARES (2022) definiu que, até 2040, mais de 60% do biogás gerado em processos de digestão anaeróbia e nos aterros sanitários deveria ser aproveitado energeticamente e que todos os aterros sanitários deverão ter eficiência mínima de captação de biogás de 50% para aproveitamento energético.

Segundo o PERS-ES (2019), até o ano de 2019 o Espírito Santo ainda tinha 13% dos municípios dispendo RSU em lixões e aterros controlados, ambos contribuindo para emissão de GEE. Cabe ressaltar que o PLANARES (2022) estabeleceu como meta a ser atendida até 2024 o encerramento dos lixões e aterros controlados, bem como suas remediações.

Com base no Prognóstico apresentado no PERS-ES, ano base 2017, estimou-se a geração das tipologias de resíduos sólidos consideradas neste Plano e que são destinadas majoritariamente para aterros sanitários, e com base nessas informações foram projetadas as gerações a médio (2030) e longo prazo (2050), conforme apresentado na Figura 11.

Dentre as tipologias de resíduos sólidos consideradas na Figura 11, os RSU são constituídos predominantemente por uma fração orgânica (45,3%) e abrangem resíduos verdes e madeiras provenientes de podas e de limpeza urbana (RLU), bem como sobras e perdas de alimentos oriundos de atividades domésticas em residências urbanas (RDO). A degradação biológica desta fração orgânica é a principal responsável pela geração de GEE em aterros sanitários, a qual pode ser mitigada por várias estratégias, antecipativas ou remediativas.



Legenda:

RSU - Resíduos sólidos urbanos

RSPS - Resíduos dos serviços públicos de saneamento

RSS - Resíduos de serviços de saúde

RAA - Resíduos agrossilvopastoris e agroindustriais.

Figura 11. Projeção da geração das tipologias de resíduos sólidos até 2050. Fonte de dados: PERS-ES (2019).

Atualmente, no ES, a população média atendida com coleta convencional aumenta em relação às faixas populacionais, sendo de 86% em municípios com até 30mil habitantes, de 94% para as faixas de 30.001 a 100.000 e de 100.001 a 250.000, e de 98% para municípios com população acima de 250.001 habitantes. Percebe-se também que 49% dos municípios capixabas realizam a coleta de RLU junto com os RDO dificultando a separação do resíduo verde proveniente de podas, capina e roçada proveniente da manutenção de praças, parques e jardins.

A fração orgânica proveniente de RLU aparece como elemento facilmente segregável daqueles orgânicos domésticos, favorecendo soluções coletivas mais eficientes em termos de redução da geração de GEE. O Governo do Estado do Espírito Santo já descreveu ações em seu Plano Estadual (PERS-ES) para implementação da coleta segregada da fração orgânica no RLU, o que favoreceria a economicidade espacial. No entanto, a fração orgânica presente no RDO apresenta grande dificuldade em ser reduzida ou mesmo segregada na fonte, de forma a viabilizar sua coleta seletiva nas cidades capixabas, favorecendo a produção de GEE em aterros sanitários quando coletada como rejeitos pela coleta convencional.

De todas as formas, os resíduos verdes e o material orgânico podem encontrar outros destinos além do aterro sanitário, tais como a aplicação de processos aeróbio de compostagem (gerando fertilizante biológico) ou mecânico biológico – metanização (para produzir combustível para geração de energia elétrica ou térmica). Esta abordagem proporcionaria a redução de perdas de GEE em aterros sanitários e reduziria emissões ao substituir fertilizantes químicos e combustíveis fósseis. Entretanto, em todos os casos, há que se verificar os arranjos locais já consolidados, bem como a distribuição espacial da geração destes resíduos, de forma a avaliar viabilidade econômica de tratamentos enclausurados, além da ambiental.

De outra parte, o restante do RSU é também composto por 33,6% de resíduos recicláveis secos (plásticos, papel e papelão, vidros, metais e embalagens multicamadas) e 21,1% de outros resíduos (resíduos têxteis, couros, borrachas e resíduos sanitários) (PLANARES, 2022). No Espírito Santo, 64 municípios realizam a coleta seletiva atendendo cerca de 34% da população. A ampliação da coleta seletiva permitiria desviar os destinos destes materiais de aterros sanitários, possibilitando sua utilização como matéria secundária na indústria, resultando em economia de água e energia, os quais poderiam resultar na redução de emissões de GEE na indústria. Entretanto, embora com uma crescente cobertura populacional da coleta seletiva, aspectos como a oneração fiscal para coleta e transporte de resíduos, a ausência ou indefinição de mercados, a carência de subsídios econômicos para o estabelecimento de processos, a deficiência na estrutura de triagem e classificação dos resíduos coletados dificultam não só a reciclagem de secos ou orgânicos, como o estabelecimento de processos mais eficientes em termos de emissão de GEE, como também a excessiva destinação de resíduos recicláveis a aterros sanitários como rejeitos.

Por outro lado, os resíduos originados nos serviços públicos de saneamento (RSPS) são gerados em estações de tratamento de água (ETA) e esgoto (ETE). De maneira sistêmica, como também visto em outras tipologias geradoras de resíduos, 14 municípios não apresentaram quaisquer dados quanto ao serviço público de coleta e afastamento de esgoto no último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2019), dificultando qualquer atividade de planejamento e gestão. Com base naqueles municípios que oferecem informações para o sistema nacional, no Espírito Santo, o índice de atendimento total da coleta de esgoto em 2017 foi de 52,23%, sendo que do total de esgoto coletado, 74% são tratados. Salienta-se que este último percentual representa o processamento de apenas 38,4% do total de esgoto gerado no Estado (SNIS, 2019).

Em termos operacionais, mais da metade dos municípios capixabas tem seus serviços de saneamento operados pela CESAN, uma empresa de economia mista que tem o governo do Estado como acionista majoritário. Já os Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE), que correspondem a autarquias municipais com autonomia econômica, financeira e administrativa, são responsáveis pelas atividades de saneamento em 28% dos municípios

capixabas. No município de Cachoeiro do Itapemirim os serviços são realizados por empresa privada, e em Colatina pelo Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento (SANEAR).

Na operação das estações de tratamento ocorre a formação de um subproduto sólido denominado lodo, considerado o principal RSPS. Com um alto potencial poluidor, o lodo de ETE é composto por 70% de materiais orgânicos (proteínas, carboidratos e gorduras) e 30% de materiais inorgânicos (metais, areia e sais) (DAVID, 2002). Os lodos de ETE também devem ser considerados no panorama das emissões de GEE, tanto quando são enviados para aterros sanitários, quanto pelo potencial para geração de energia a partir de sua queima, metanização, e/ou produção de fertilizante biológico para fins agrícolas.

Nas ETE, cada sistema é responsável pela geração de uma quantidade particular de resíduos, de modo que as estações com sistemas aeróbios geram mais lodo do que as com sistemas anaeróbios (45 e 15 g/hab./dia, respectivamente) (PEDROZA et al., 2010). Apesar da maior quantidade de lodo gerada, os tratamentos aeróbios só tem a possibilidade de gerar metano quando mal dimensionadas ou operadas.

Com base nas informações fornecidas pelas companhias de saneamento atuantes no território capixaba, as estimativas realizadas para a geração de lodo e outros RSPS no Estado indicaram um montante de 161.545 ton./ano em 2017. Além disso, 82% dos entrevistados atestaram que existe uma sazonalidade na geração, sobretudo nos meses de verão, quando sua geração é maior. Em relação a disposição final dos resíduos gerados em ETE, 77% dos gestores afirmaram dispor seus resíduos em aterro sanitário, ao passo que o restante declarou não ter conhecimento sobre como é conduzida tal etapa.

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), devido às suas particularidades em relação à natureza e aos riscos atrelados ao meio ambiente e à saúde pública, são classificados, segundo a ABNT NBR 12.808:2016, em biológicos, químicos, rejeitos radioativos, comuns e perfurantes e cortantes, e, portanto, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, sendo considerados fontes potenciais de emissão de GEE em função de seu tratamento térmico. O levantamento das informações relativas ao manejo de RSS no Estado abrangeu hospitais, clínicas, consultórios, drogarias, farmácias, cemitérios e outros empreendimentos. Em termos quantitativos, as correlações e extrapolações dos dados adquiridos em campo possibilitaram a estimativa de uma geração total de 22.496 ton./ano em 2017, sendo “hospitais e unidades básicas de saúde” (48,45%), “estabelecimentos de ensino e pesquisa” (18,70%) e “laboratórios analíticos de produtos para saúde” (10,07%) as subtipologias que mais contribuíram com a geração de RSS no Estado. Tal condição correspondeu a um índice de geração *per capita* de 5,60 kg/hab./ano. Embora destinados a aterros sanitários dentro ou fora do Estado, os RSS gerados no território capixaba encontram a incineração e autoclavagem como tratamentos predominantes. Existem cinco

unidades de tratamento de RSS por incineração e autoclave licenciadas pelo IEMA no Espírito Santo (PERS-ES, 2019).

Os chamados resíduos agrossilvopastoris e agroindustriais (RAA) são definidos como aqueles gerados em propriedades rurais e por empresas que produzem insumos agrícolas e que realizam seu processamento e distribuição. O primeiro grupo de geradores é representado por produtores, criadores e pescadores, enquanto as agroindústrias contemplam empresas que realizam algum tipo de beneficiamento dos produtos oriundos das atividades agrossilvopastoris. Estima-se que a geração de resíduos agrossilvopastoris no Espírito Santo, no ano de 2017, foi aproximadamente 5.701.958 toneladas. Com 69% do montante anual, a “bovinocultura” foi a subtipologia mais representativa na geração de resíduos agrossilvopastoris, tendo como principal resíduo o próprio esterco do animal.

No setor agroindustrial, estimou-se um total de 4.240.587 toneladas de resíduos agroindustriais em 2017, sendo que cerca de 58% dos empreendimentos relatam sazonalidade na geração destes resíduos, sendo citado um aumento da geração durante os meses de maio a junho (atividades ligadas à colheita do café) e no verão, principalmente para o setor de “fabricação de bebidas”. Com uma geração anual de 2.803.142 toneladas, a indústria de “processamento e preservação de alimentos de origem vegetal” foi a subtipologia mais representativa do grupo (66,10%). Em seguida, tem-se as atividades de “beneficiamento e fabricação de produtos de origem florestal”, que acumularam um total de 1.070.267 toneladas (25,24%) (PERS-ES, 2019).

Em termos qualitativos, os resíduos da Classe II A (não perigosos – não inertes), que possuem uma fração biodegradável, são predominantes, e representaram 55% do setor agrossilvopastoril e 51% do setor agroindustrial. Dos empreendimentos agrossilvopastoris, 61% dos resíduos declarados são manejados dentro da propriedade, utilizando especialmente a compostagem ou a incorporação no solo agrícola (47%), além de reutilização/reciclagem/recuperação e queima a céu aberto. Já nas agroindústrias, dentre os estabelecimentos que forneceram dados, 60% de seus resíduos são destinados externamente para reciclagem, reutilização e recuperação (compostagem, ração animal, produção de adubos, incorporação sobre o solo agrícola). Os que destinam internamente, destinam à reciclagem, reutilização e recuperação, incorporação sobre o solo agrícola, utilização em caldeira, queima a céu aberto, ração animal. Por outro lado, a maioria dos resíduos agroindustriais são dispostos em aterros sanitários (36%) ou aterros industriais (23%).

Há um forte apelo para o aproveitamento da fração orgânica dos RAA como composto biológico ou processos de metanização, indicando potencialidades na minimização de emissão de GEE a partir desses resíduos. No entanto, embora em grande proporção, a fração orgânica proveniente de empreendimentos agrossilvopastoris e agroindustriais de

pequeno e grande porte tem produção sazonal e com empreendimentos geradores dispersos pelo território capixaba, dificultando a economicidade espacial de empreendimentos consorciados, proporcionando emissões difusas em sistemas pouco eficientes em termos de geração de GEE.

Porém, conforme observado na Figura 11, os RAA representam a maior parcela dos resíduos gerados a médio e longo prazo, sendo por isso incluídos na discussão. No entanto, a ausência de licenciamento ambiental e fiscalização de PGRS para empreendimentos geradores de RAA dificulta a segregação de resíduos na fonte, inviabilizando tratamentos consorciados, o que amplia emissões de GEE em sistemas pouco eficientes.

Por fim, embora o Governo do Estado tenha proposto um modelo de gestão sofisticado em seu PERS-ES (2019), a aplicação do mesmo tem se mostrado ineficiente e financeiramente insustentável, para pequenos distritos, zonas afastadas e rurais dificultando a universalização e integralização de destinações para RSU e efluentes sanitários, ampliando as emissões por poluição difusa e dificultando soluções coletivas mais eficientes em termos de geração de GEE.

Atrelado a isso, tem-se no Estado a baixa formação e sensibilização de profissionais lotados em estabelecimentos públicos e privados, e a descontinuidade de programas de educação e capacitação socioambientais sobre a importância da segregação na fonte para possibilitar tratamento e reciclagem de resíduos e efluentes, dificultando o estabelecimento de processos mais eficientes em termos de emissão de GEE, o que favorece a destinação em aterros sanitários e potencializa as emissões de GEE.

A queima de rejeitos de RSU como combustível, embora empregada amplamente em países desenvolvidos, encontra forte oposição devido às incertezas quanto ao impacto social pela competição dessa destinação com a reciclagem material proporcionada pelos catadores de materiais recicláveis, atrasando o estabelecimento de um marco legal para este fim. Este atraso acaba dificultando a redução de rejeitos enviados a aterros sanitários e dificultando a viabilidade econômica de processos mais eficientes em termos de emissão de GEE. Finalmente, a falta de exigência a produtores rurais de estabelecer um plano de gerenciamento de resíduos, bem como a dificuldade do Governo Federal em estabelecer uma estratégia que garanta uma sustentabilidade financeira aos sistemas de manejo de resíduos dificultarão a universalização e integralização do serviço, o que influencia, no Espírito Santo, na manutenção de emissões e impossibilita a implementação de sistemas mais eficientes em termos de geração de GEE.

2.1.3.2 Efluentes

De forma geral, as emissões de GEE em estações de tratamento de efluentes domésticos estão localizadas em estações (anaeróbias e aeróbias) que concentram efluentes de muitos domicílios em microbacias espalhadas pelo Estado, o que possibilita a economicidade de soluções para minimização de emissões e aumento da eficiência dos processos no controle de emissões de GEE. A situação se torna ainda mais vantajosa, pois como os aglomerados urbanos reúnem grande parte da população capixaba, o modelo de gestão aplicado é eficiente, proporcionando economicidade para a universalização e integralização do tratamento. Da mesma forma, como para os outros aspectos, devido à instituição de PMSB em 100% dos municípios capixabas e a promulgação da Lei Federal nº 14.026/2021 (que alterou a Lei Federal nº 11.445/2007), há uma forte tendência da universalização dos serviços de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos para o território capixaba, favorecendo a minimização de emissões por poluição difusa e favorecendo soluções coletivas mais eficientes em termos de geração de GEE.

A coleta e o tratamento dos esgotos são atividades essenciais para a manutenção da saúde da população e para a preservação do meio ambiente. Dentre as unidades do sistema de esgotamento sanitário destacam-se as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que são unidades que recebem os efluentes líquidos domésticos, comerciais e/ou industriais, que devido às suas características físico-químicas e biológicas necessitam de tratamento antes de serem devolvidas aos corpos hídricos.

No Estado do Espírito Santo 2.312.515 habitantes (57% da população) são atendidos pelo serviço de esgotamento sanitário. Segundo dados coletados em 2019 junto às 78 prefeituras municipais, existem 185 ETE no Estado (Figura 12), que juntas tratam 73,21% do esgoto coletado (57,86% do esgoto gerado no Estado é coletado) (ESPÍRITO SANTO, 2019; SNIS, 2021), colocando o Estado em 8º lugar nacional em relação à coleta de esgoto e em 19º em relação ao tratamento do esgoto coletado (SNIS, 2022).

A operação das ETE é realizada pela Cesan em cerca de 46% dos municípios, pelos SAAE em 36%, em 9% diretamente pelas prefeituras municipais e em 9% por outras organizações (Figura 12). As unidades instaladas possuem vazões licenciadas que variam de 0,48 a 703,9 L/s, que juntas tratam um volume de cerca de 92 milhões de m³/ano (ESPÍRITO SANTO, 2019; SNIS, 2021).

Em relação aos tipos de tratamento, verifica-se uma variedade de etapas e associações destas, conforme mostra a Figura 13 (Espírito Santo, 2019). As ETE do tipo anaeróbias possuem um potencial maior de geração de GEE do que estações de tratamento aeróbias, sendo que os tratamentos anaeróbios de efluentes sanitários do tipo lagoa anaeróbia, tanque séptico seguido de tratamento anaeróbio e reator UASB representam 47% do total

de estações instaladas no Estado, algumas contendo *flare* para queima do biogás. Embora a recuperação do biogás gerado nestas estações e sua conversão em energia (térmica ou elétrica) possa ser útil no processo de redução de emissão de GEE, colaborando não só para aumentar a eficiência energética das estações, como também a viabilidade do saneamento básico do país, seu processo de coleta e queima, com o aproveitamento energético, podem se mostrar inviáveis. Já nos tratamentos aeróbios de efluentes sanitários é possível a aplicação de programas de eficiência energética nos sistemas de aeração mecanizada para redução de emissão de GEE com base na redução de consumo elétrico.

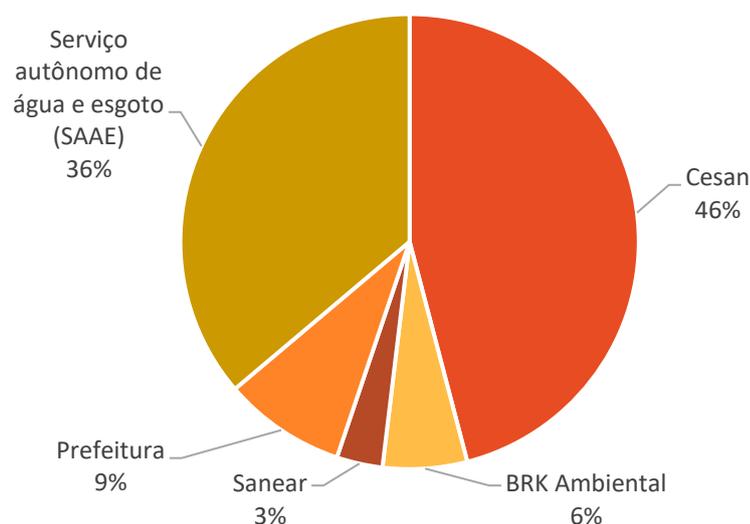


Figura 12. Tipo de operador das Estações de Tratamento de Esgoto do Espírito Santo.

Fonte de dados: Espírito Santo (2019).

As estações de tratamento de efluentes industriais estão instaladas junto aos geradores, espalhadas pelo Estado, proporcionando emissões difusas em sistemas pouco eficientes em termos de gestão de GEE, resultando na inviabilidade de instalação consorciadas mais eficientes em termos de emissões de GEE e consumo de energia. Cabe ressaltar como limitação que os dados apresentados não incluem efluentes industriais em função da ausência de informações, apesar do método de estimativa adotado pelo SEEG considerar as seguintes atividades industriais: produção de carne avícola, bovina e suína; produção de celulose; produção de cerveja; e produção de leite cru e leite pasteurizado.

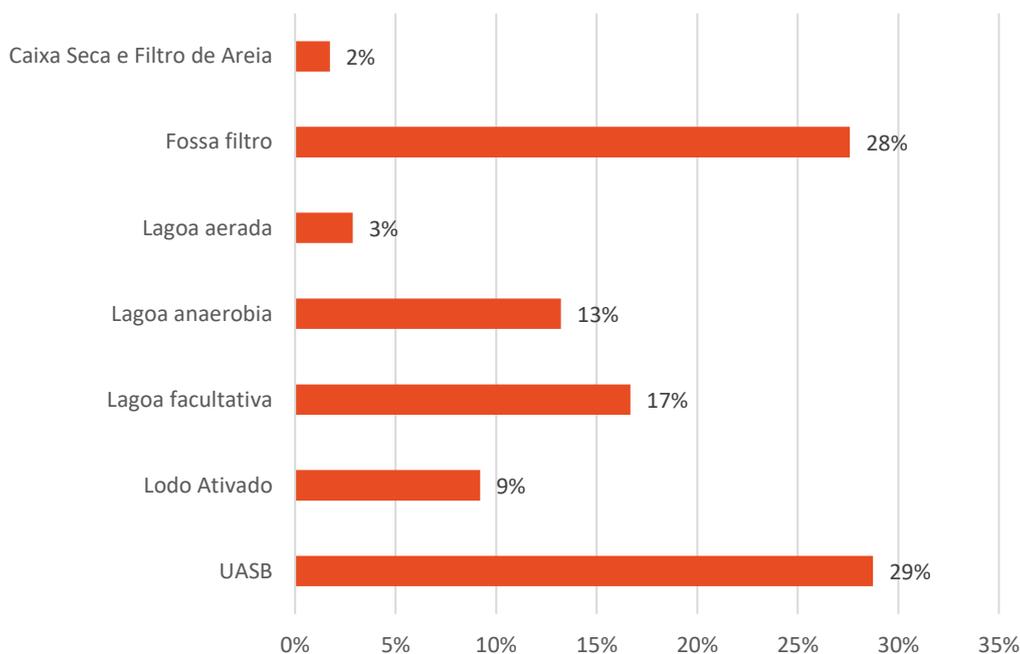


Figura 13. Etapas de tratamento de esgoto presentes nas Estações de Tratamento de Esgoto do Espírito Santo. Fonte de dados: Espírito Santo (2019).

2.2 MATRIZ ENERGÉTICA DO ES

Um aspecto extremamente importante para a definição da rota para a neutralização das emissões de GEE é o conhecimento detalhado da matriz energética da região. A produção de energia movimenta o crescimento da economia em toda sua diversidade, que abrange o setor público, industrial, comercial, transporte e agropecuário, incluindo-se também o setor residencial, que tem se tornado cada vez mais um participante ativo na matriz de energia elétrica. Uma matriz energética bem planejada e baseada em fontes renováveis traz soberania e desenvolvimento ao Estado, mas a tomada de decisões para o planejamento depende do conhecimento atual da produção e consumo de energia pelos diversos setores da economia, da infraestrutura existente, do levantamento da contribuição para as emissões de CO₂ associadas à matriz de energia e da conjuntura e planejamento da matriz energética nacional. É necessário então, fazer um diagnóstico sobre a situação do Estado do Espírito Santo em relação a essa matriz.

A produção de energia primária (fontes de energia extraídas diretamente da natureza, sem processamento) no Estado, em 2020, é apresentada na Figura 14. Observa-se a predominância das fontes não renováveis, em especial petróleo e gás natural na produção de energia, grande parte desta a ser consumida pelos diversos setores da economia do

Estado, contribuindo com as emissões de CO₂. As fontes primárias não renováveis que participam da matriz energética do Espírito Santo são petróleo, gás natural, carvão vapor e carvão metalúrgico, enquanto as fontes renováveis são lixívia (licor negro), energia hidráulica, lenha/cavaco/resíduo de madeira, produtos da cana (caldo, bagaço) e outras renováveis. O Estado não possui refinarias, portanto o petróleo aparece na matriz de produção de energia, mas é exportado para outros estados para seu refino e retorna para o Estado como combustível já processado como a gasolina e o óleo diesel, por exemplo.

A Figura 15 apresenta o consumo final de energia distribuído por fontes primárias e secundárias no Espírito Santo, em 2020. Na atual formação da matriz de energia do Estado, o consumo de energia elétrica em 2020 representou 18,24% do total de energia consumida. As fontes primárias, principalmente carvão mineral e gás natural, junto com as fontes secundárias coque de carvão mineral e óleo diesel, dominam o consumo de energia no Estado criando uma matriz baseada em combustível fóssil, contribuindo para emissões de CO₂.

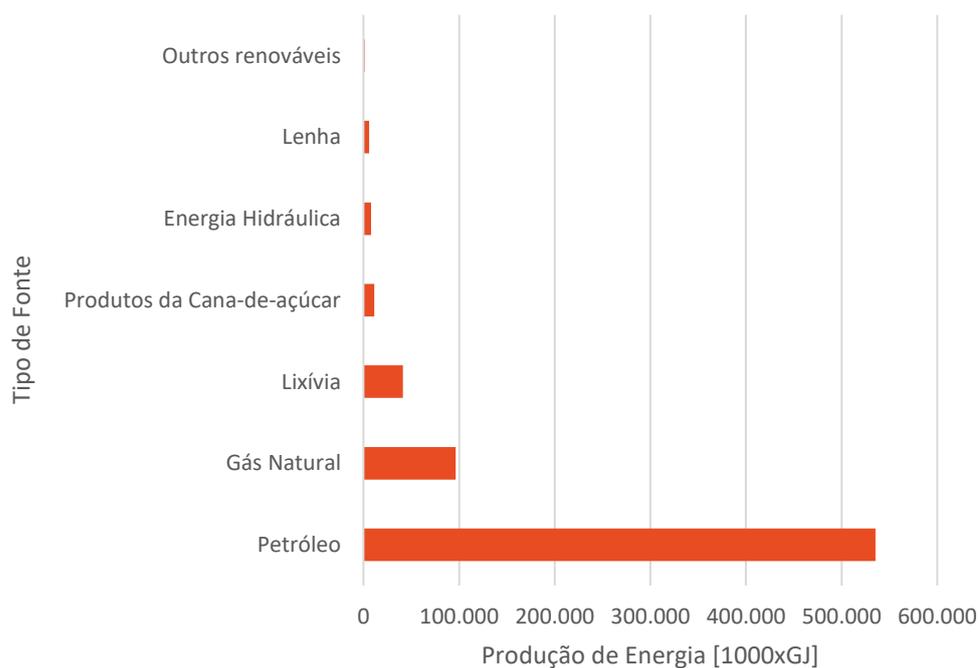


Figura 14. Produção de energia primária em 2020 no ES. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).

A Figura 16 mostra o consumo final energético no ES por setor da economia. Pode-se observar que o Setor Industrial é o maior consumidor (67%), seguido pelo Setor de Transportes (21,3 %) e Setor Energético (10,95%). A soma dos setores Residencial, Público, Comercial e Agropecuário corresponde a 11,5% do total. Outra forma de analisar as

informações apresentadas na Figura 16 é considerar uma análise dos setores consumidores pelo tipo de fonte. A Figura 17 traz a participação percentual de cada Setor da Economia no consumo final energético de cada tipo de fonte no ES. É possível observar que uso de fontes ligadas a combustíveis fósseis está principalmente ligado a indústria e transportes, com a exceção do GLP.

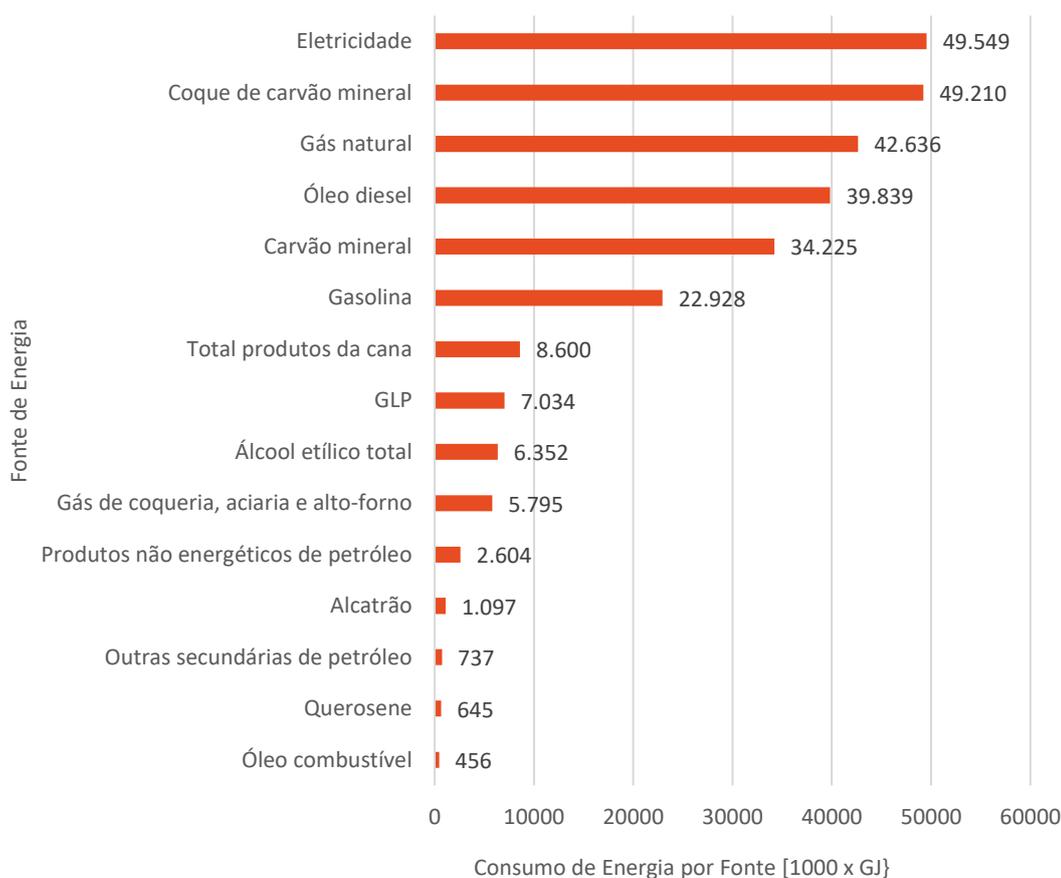


Figura 15. Consumo Final Energético no Espírito Santo por fonte em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).

É possível observar, também, que os setores Agropecuário, Público, Comercial e Residencial são aqueles majoritariamente dependentes de energia elétrica representando 44,8% do consumo da energia elétrica total. Como, na matriz de energia elétrica do Espírito Santo, as fontes não renováveis predominam, a eficiência energética e a mini e microgeração encontram aqui setores que devem ser observados e incentivados a se comprometerem com o uso racional da energia elétrica e a se tornarem também geradores a partir do mercado de geração distribuída, reduzindo o consumo de energia, a partir da rede da concessionária local – lembrando que a fonte dominante destas instalações de

micro e minigeração é a fotovoltaica, uma fonte renovável e, em operação, não emissora de CO₂.

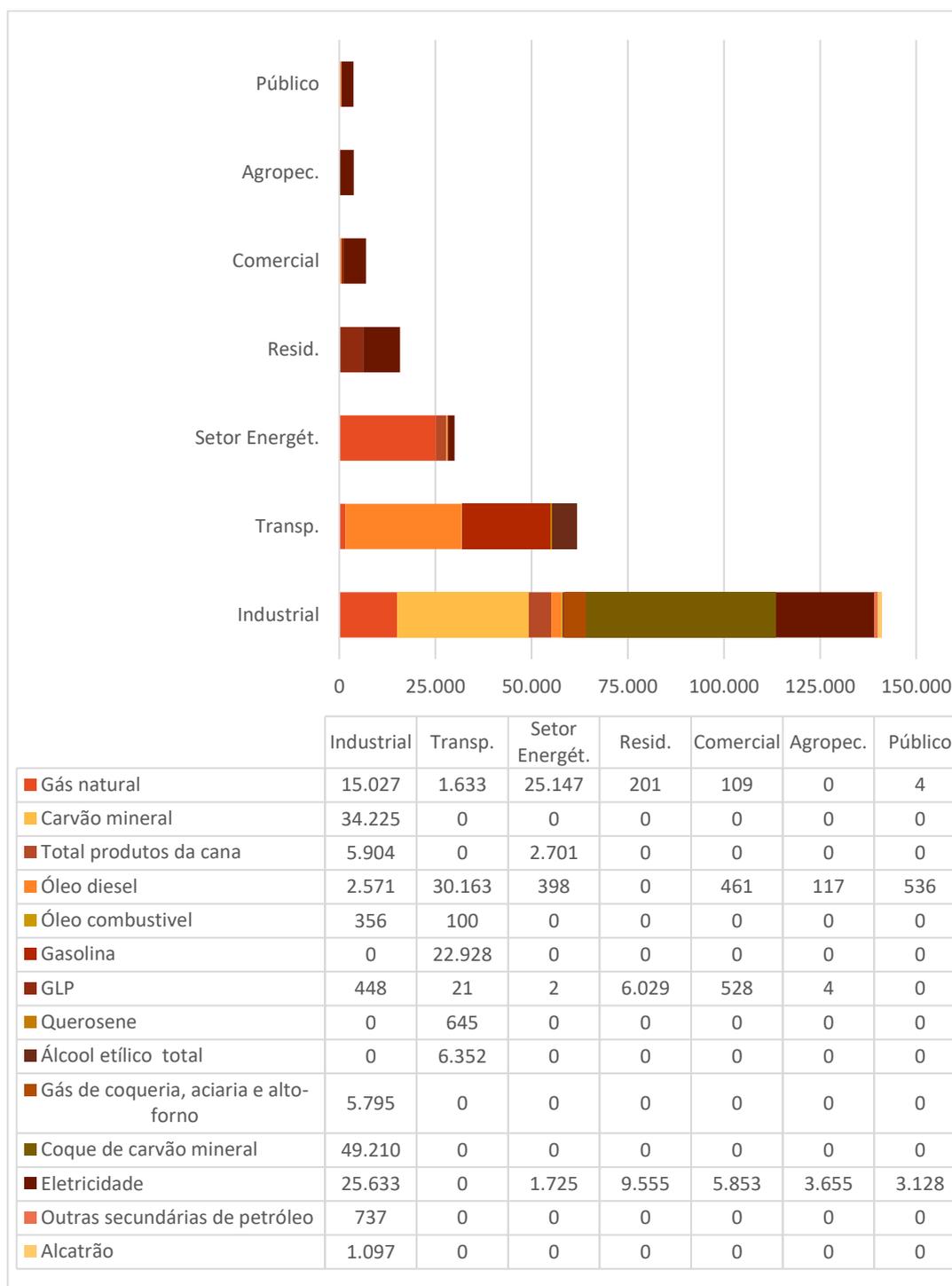


Figura 16. Consumo final energético no ES por Setor da Economia e Fonte em 2020, em 1000 x GJ. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).

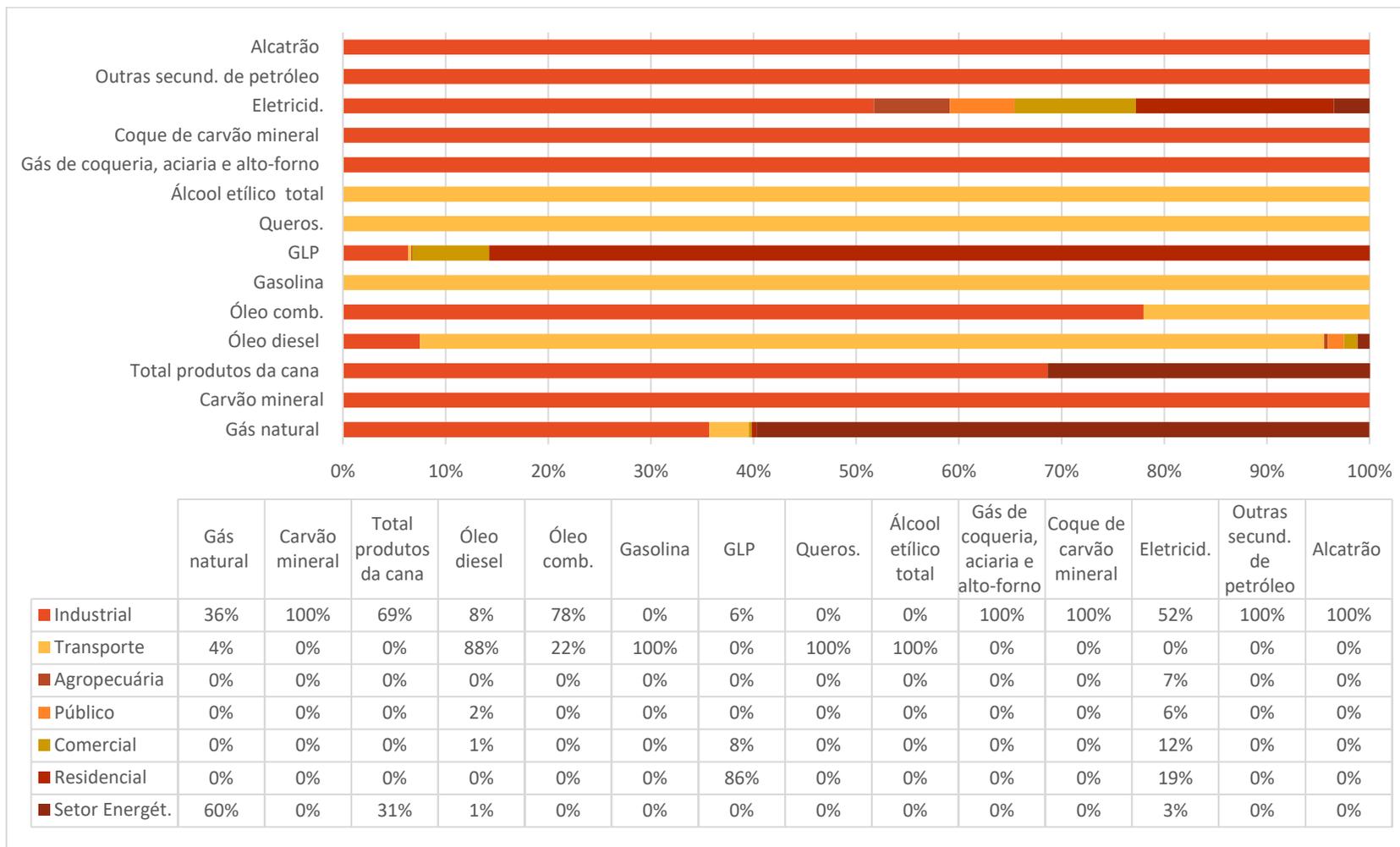


Figura 17. Participação % de cada Setor da Economia no consumo final energético de cada tipo de fonte no ES, em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).

O Setor Industrial consome 51,73% da energia elétrica do Estado. Algumas das grandes indústrias localizadas no Estado participam da matriz de energia elétrica na figura de Autoprodutor de Eletricidade (APE) ou Produtor Independente de Eletricidade (PIE). Algumas indústrias usam como fonte os combustíveis gerados durante o processo de produção da indústria como o gás de coqueria, aciaria e alto-forno e licor negro, por exemplo. Atualmente, dos 4 autoprodutores (potência total outorgada de 249,42 MW) que fazem parte da matriz de energia elétrica do Espírito Santo, 2 usinas são do Setor Industrial, sendo uma com potência outorgada igual a 210,4 MW, que utiliza o licor negro como combustível, e outra com potência outorgada igual a 10,22 MW, que utiliza gás natural. Também fazem parte atualmente da matriz energética do Estado 25 PIE. Três destes PIE pertencem ao Setor Industrial, com uma potência outorgada de 405,4 MW, da qual 8,14% correspondem à utilização de bagaço de cana, que é uma fonte renovável, e 91,86% provêm de calor de processo e outros energéticos de petróleo.

A Figura 18 apresenta o consumo do Setor Industrial por ramo de atividade. A produção de Ferro-gusa e aço é a atividade de maior consumo de energia, seguida pela atividade de Mineração e Pelotização. A atividade de produção de Ferro-gusa e Aço é grande consumidora de carvão mineral, enquanto a atividade de Mineração e Pelotização é grande consumidora de gás natural. É importante informar que a empresa ArcelorMittal, principal responsável pela produção de Ferro-gusa e Aço, já iniciou estudos visando a avaliar a viabilidade técnica e econômica de utilização do hidrogênio verde em seus processos como forma de reduzir emissões após 2030. De fato, as empresas ArcelorMittal e Vale, principais responsáveis pelas atividades de produção de Ferro-gusa e Aço e Mineração e pelotização, respectivamente, já assumiram compromisso ambiental de neutralizar suas emissões de GEE até 2050. Estes compromissos podem ter um impacto significativo sobre o perfil de emissões da matriz energética do ES.

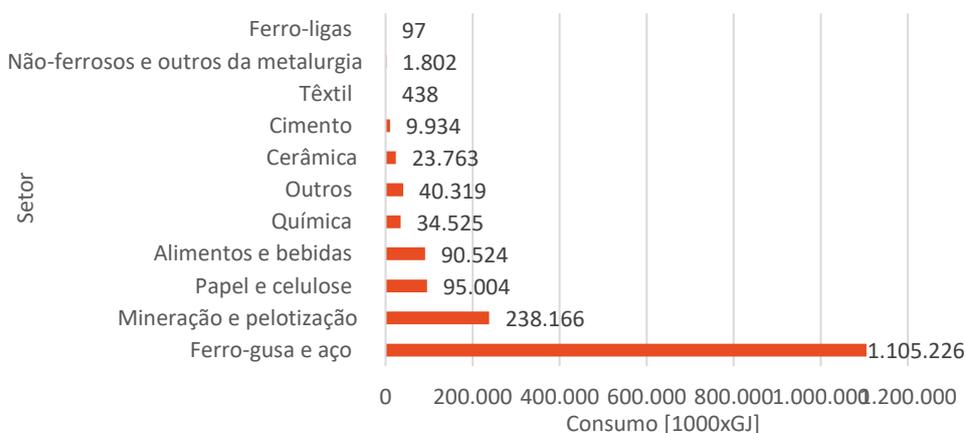


Figura 18. Consumo do Setor Industrial por Ramo de Atividade em 2020. Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022).

2.2.1 Matriz de energia elétrica

A Figura 19 apresenta a evolução da geração e do consumo de energia elétrica no ES (sem Geração Distribuída). É possível observar que a matriz de geração do Estado consegue atender entre 45% e 60% do consumo de energia elétrica, havendo uma importação anual de 21.892 TJ (6.081 GWh), em 2020.

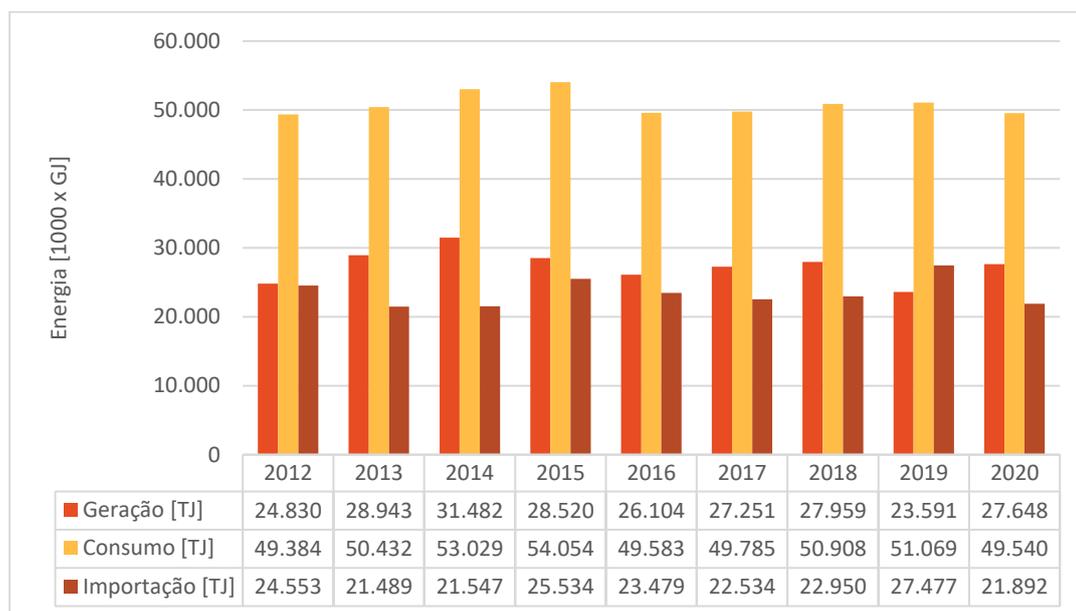


Figura 19. Evolução da geração e do consumo de energia elétrica no ES (sem Geração Distribuída). Fonte de dados: BEES 2021 Ano Base 2020 (ARSP-ES, 2022)

A Figura 20 apresenta a evolução da capacidade instalada de geração no Espírito Santo (2002 a 2022). É possível notar que a maior parcela da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Estado está relacionada a Usinas Termoeletricas (59,0% no primeiro trimestre de 2022), seguidas pelas Hidrelétricas responsáveis por 29,9%. É importante notar o significativo crescimento da capacidade instalada de geração de energia elétrica por usinas solares fotovoltaica, que corresponderam por 10,8% da capacidade instalada total de geração de energia elétrica gerada no primeiro trimestre de 2022, no Estado.

As Tabelas 2 e 3 apresentam a potência instalada partir do regime de exploração, sendo a Tabela 2 para Autoprodutores de Energia, Produtores Independentes de Energia, Registro e Serviço Público e Tabela 3 para Geração Distribuída. É possível observar, que dentre os geradores não-distribuídos (Tabela 2), as fontes de origem fóssil correspondem a 49,63%, enquanto biomassa, hídrica e solar correspondem a 17,02%, 33,01% e 0,35%, respectivamente. Atualmente, a autoprodução (13,9%) e a produção independente (69,7%) dominam a matriz de energia elétrica do Estado e esta geração é predominantemente feita a partir de combustível fóssil.

Figura 20. Evolução da capacidade instalada de geração no Espírito Santo (MW) - 2002 a 2022. UTE - Usina Termoeétrica, UHE – Usina Hidrelétrica, PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas, UFV – Usina Solar Fotovoltaica, CGH - Centrais Geradoras Hidrelétricas, EOL – Eólica por Cinética dos Ventos. Fonte: ASPE (2022b).

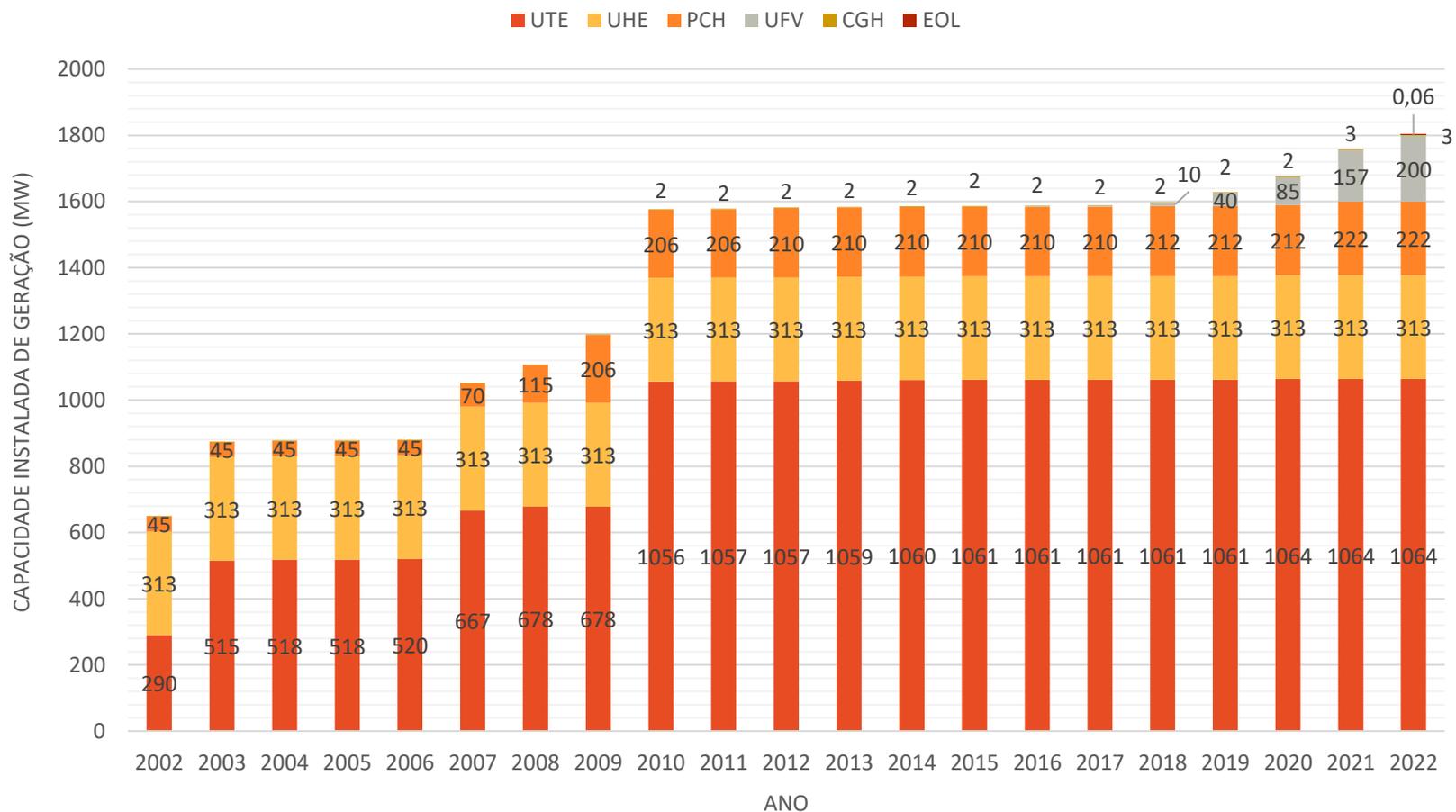


Tabela 2. Matriz de potência instalada de geração de energia elétrica do ES a partir do regime de exploração e por origem do combustível: Autoprodutor de Energia (APE)³, Produtor Independente de Energia (PIE)⁴, Registro (REG) e Serviço Público (SP). Fonte de dados: Dados do Sistema de Informação de Geração da Aneel – SIGA.

	BIOMASSA			FÓSSIL			HÍDRICA Potencial hidráulico		SOLAR Radiação solar		
	Usinas	Combustível	P [MW]	Usinas	Combustível	P [MW]	Usinas	P [MW]	Usinas	P [MW]	
APE	1	Floresta Licor negro	210,4	1	Gás natural	10,22	2	28,8	-	-	
PIE	2	Agroindustrial Bagaço de cana	66,0	1	Petróleo Óleo combustível	174,6	18	283,5	-	-	
				1	Petróleo Outros energ. petróleo	225,1					
				1	Outros fósseis Calor de processo OF	147,3					
				3	Gás natural	352,5					
REG	1	Bagaço de cana	3,2	21	Petróleo Óleo diesel	22,6	-	-	11	5,7	
	1	Floresta Carvão vegetal	3,5	2	Gás Natural	5,7	-	-			
SP	-	-	-	-	-	-	2	253,0	-	-	
Total biomassa			283,1	Total fóssil			825,53	Total hídrica	565,3	Total solar	5,7
TOTAL POTÊNCIA INSTALADA [MW]						1.679,632					

³ Autoprodutor é uma pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo, podendo, mediante autorização da ANEEL, comercializar seus excedentes de energia (ANEEL,2022).

⁴ Produtor independente de energia elétrica é uma pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que tenham recebido concessão ou autorização do poder concedente, para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco (ANEEL,2022).

Tabela 3. Geração distribuída no ES quanto a Classe de consumo da unidade consumidora onde a Geração Distribuída está instalada, Tipo e Fonte. CGH – Central Geradora Hidroelétrica, EOL – Central Geradora Eólica, UFV – Central Geradora Solar Fotovoltaica, UTE- Usina Termoelétrica. Fonte de dados: ANEEL (2022b).

Classe	Qtd Usinas GD	Potência Instalada [kW]
Comercial	2.154	64.985
Industrial	544	20.129
Poder Público	103	8.269
Resid.	11.104	71.886
Rural	2.248	33.673
Serviço Público	1	14
Total	16.154	198.958

Tipo	Qtd Usinas GD	Potência Instalada [kW]
CGH	1	16
EOL	2	57
UFV	16.143	195.588
UTE	6	3.297
Total	16.154	198.958

Fonte de energia	Qtd Usinas GD	Potência Instalada [kW]
Biogás RA	6	3.297
Cinética do vento	4	57
Potencial hidráulico	1	16
Radiação solar	16.143	195.588
Total	16.154	198.958

A matriz de energia elétrica do Estado terá sua capacidade aumentada com a expansão de 2 termelétricas do Estado (UTE Viana e UTE LORM), com inclusão de outros grupos geradores a gás natural, além da construção de uma outra (UTE Povoação), também a gás natural. Serão 148,5 MW totais instalados, ampliando o potencial de geração do ES. Além disso, serão implantadas 2 novas PCH com potência instalada de 18,0 MW, com construção

ainda não iniciada, mas já outorgada⁵. Estas usinas contribuirão para um total de geração de 973 MW baseada em fontes não-renováveis e 872 MW em fontes renováveis, correspondendo a 53% e 47% da geração total, respectivamente.

O ES tem 16.154 usinas de micro e minigeração distribuídas por 78 municípios, chegando a uma potência instalada de 198,958 MW. A Tabela 3 apresenta informações sobre a geração distribuída no Estado quanto à classe de consumo da unidade consumidora onde a Geração Distribuída está instalada, o tipo de usina e a fonte de energia para a geração. Incluindo a geração distribuída, o total de potência instalada no Estado é de 1.991,02 MW dos quais 1.792,06 MW corresponde à potência instalada de geração centralizada, 90% do total, e 198,96 MW corresponde à potência instalada de geração distribuída, 10% do total (considerando as novas usinas).

É necessário destacar que o lançamento da Resolução Normativa pela Aneel, 482 de 2012 e suas regulamentações com a Lei 14.300 de 2022, impulsionaram o desenvolvimento das usinas por meio de Geração Distribuída em todo o Estado, principalmente fotovoltaicas, superando 10% da potência instalada do ES em 2022.

A crise hídrica acentuada em 2021 estimulou o ONS a demandar leilões. Foram dois leilões. O leilão emergencial permitiu a expansão de duas termelétricas existentes desde 2010 (UTE Viana e UTE LORM) com mais 4 grupos geradores cada, todos a gás natural, passando a contar com um total de 24 e 28 grupos geradores, respectivamente. Além disso, foi também construída uma nova termelétrica (UTE Povoação), com 8 grupos geradores a gás, decorrente do mesmo leilão. Vale ressaltar que foram contemplados 14 projetos de termelétricas, onde o Espírito Santo, com 3, só perdeu para o Rio de Janeiro, com 6. Este leilão emergencial contratou estes projetos por 4 anos (até 2026), com entrada em

⁵ A usina PCH Timbuí Seco, com 10MW, em Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá – ES, se encontra em fase de Construção não Iniciada, com previsão de entrada em operação para maio de 2025. Não celebrou contrato de uso do sistema de transmissão/distribuição, não participou de nenhum leilão e o cronograma está atrasado conforme informações obtidas no *site* de Acompanhamento da implantação das centrais geradoras de energia elétrica da Aneel. O mesmo *site* também informa que a PCH de Bom Jesus, com 8MW, em Construção não Iniciada tem previsão de entrada em operação em julho de 2025, já tendo participado de leilão em 2019 e está com cronograma atrasado. Link: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMGYyZWlONzgtMGRlOC00M2ZjLTljZDYtZTVkYjYjZjkxZDBkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>.

operação ainda em 2022⁶. Também no ano passado, aconteceu o leilão de energia, quando as duas termelétricas (UTE Viana e UTE LORM), com contrato até 2024 e 2025, respectivamente, conseguiram renovar o contrato por mais 15 anos. Vale lembrar que na UTE Viana, que fica na grande Vitória, antes da expansão, todos os 20 grupos geradores eram a óleo combustível. Já a UTE LORM, situada em Linhares, no norte do estado, sempre foi a gás natural.

Este aumento da capacidade instalada permitiu que, em janeiro de 2022, a capacidade instalada de geração de eletricidade, cerca de 1,61 GW, passasse a ser suficiente para atender à demanda média de eletricidade do Estado no citado mês⁷. Porém, vale lembrar que, apesar desta capacidade instalada, a geração não acompanha a capacidade instalada devido a muitos fatores. Um dos fatores é que algumas fontes não são energia firme. Outro a destacar é a forte contribuição das termelétricas com fontes fósseis que, apesar de representarem energia firme, dependem de ordens de despacho do ONS, o que pode deixar esta capacidade ociosa. Um exemplo claro é a UTE Viana, a óleo combustível que não tem gerado, nos últimos anos, a quantidade que gerou em 2013 e 2014. Ou seja, a crise que econômica que iniciou em 2015 fez com que o aumento crescente da demanda de energia elétrica também desacelerasse, crise esta, agravada pela pandemia. Vale também lembrar que uma parte significativa desta capacidade instalada depende de combustíveis que são coprodutos de atividades industriais, como gases siderúrgicos e lixívia, fontes estas que dependem da atividade industrial dos respectivos setores. Tudo isso, entre outros fatores, faz com que o Estado não gere toda a demanda elétrica. Todo este cenário e retrospectiva deve ser levado em conta num planejamento de longo prazo, para 2050.

2.2.2 Gás natural

Conforme apresentado na Figura 15, o gás natural é a terceira maior fonte de energia consumida no ES, superada apenas por eletricidade e carvão mineral. O gás natural possui grande utilização na indústria siderúrgica e geração de eletricidade, representando uma parcela bastante importante da matriz energética do ES (16%), principalmente na geração de energia elétrica (22%).

⁶ <https://www.agazeta.com.br/es/economia/nova-termelétrica-e-expansão-de-2-usinas-devem-criar-295-empregos-no-es-1021>.

⁷ <https://www.agazeta.com.br/es/economia/es-ja-produz-energia-alternativa-capaz-de-abastecer-tres-cidades-0322>.

Segundo o IDEIES (IDEIES, 2022), em 2020, o ES alcançou 30,2 bilhões de m³ de reservas Gás Natural *offshore*. O ES possui uma vida útil das reservas⁸ de gás natural *offshore* de 13 anos, superior à vida útil média das reservas nacionais, que é 9 anos. As reservas *onshore* de gás alcançaram uma reserva de 386,0 milhões de m³. O ES possui uma vida útil das reservas de gás natural *onshore* de 14 anos, acima do indicador brasileiro que registrou 12 anos. Entretanto, existem limitações na oferta de gás natural para atender as demandas já existentes, principalmente com o aumento de consumo projetado para o uso de gás natural como combustível de transição⁹ e a produção Estadual tem apresentado gradual declínio nos últimos anos (IDEIES, 2022).

A análise das reservas e utilização de gás natural é importante, visto que pode ser uma rota relevante para a transição energética para curto e médio prazo, uma vez que possui menor taxa de emissão de CO₂ por energia gerada que outros combustíveis como carvão mineral ou óleo combustível. Entretanto, é importante ressaltar que o uso de gás natural diretamente para a produção de energia, sem a utilização de técnicas de mitigação de emissões de CO₂ como CCUS (*Carbon Capture, Utilization and Storage*), não constitui uma solução de longo prazo. Soluções mais definitivas são representadas pelas rotas ligadas a combustíveis com neutralidade de carbono, como hidrogênio verde, biocombustíveis, biogás, ou energia eólica e solar. A queima de gás natural gera emissões inferiores à queima de óleo e carvão mineral, mas ainda representa uma emissão significativa de CO₂ para a atmosfera, sendo necessária a utilização de técnicas de compensação e/ou captura de emissões para garantir a neutralidade de GEE a longo prazo.

Segundo Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018), o papel do gás natural como possível combustível de transição está principalmente relacionado à existência de infraestrutura já construída e amortizada em diversos países, além do baixo custo de adaptação das instalações industriais que utilizam fontes mais poluentes, como o óleo combustível e o carvão. Além disso, a infraestrutura existente (transporte e armazenamento de gás) pode ser reaproveitada para hidrogênio e biometano, e uma certa proporção de hidrogênio pode ser misturada com gás natural (IEA, 2019). De fato, a política de implementação de hidrogênio da Comunidade Europeia prevê que a injeção de hidrogênio na rede de gás pode

⁸ Indicador que avalia a vida útil das reservas que sustentará a produção no decorrer do tempo, sendo calculado por meio da relação entre a reserva e a produção de gás natural. Quanto maior o indicador, maior o tempo disponível de produção dos insumos.

⁹ Jornal A Gazeta 27/06/2022 – “ArcelorMittal Tubarão está atrás de gás natural. E não acha”. <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/arcelormittal-tubarao-esta-atras-de-gas-natural-e-nao-acha-0622>

reduzir significativamente os custos iniciais de capital dos projetos de hidrogênio (EU, 2021).

Por outro lado, alguns autores (Silva e Delgado, 2018) apontam que a queda nos custos das tecnologias de geração de energia elétrica renovável, que já está sendo observada, pode contribuir para que a transição energética seja mais acelerada, levando a uma transição direta de óleo e carvão para fontes renováveis, como hidrogênio verde, biocombustíveis, eólica ou solar, sem passar pela transição pelo gás natural em alguns setores. Desta forma, a rota para transição deve ser cuidadosamente e periodicamente avaliada com base na avaliação dos custos tecnológicos para cada setor.



CCUS

Carbon, Capture, Utilization and Storage

Em português podemos traduzir para a captura, utilização e armazenamento de carbono. CCUS envolve a captura de CO₂ de grandes fontes pontuais, incluindo geração de energia ou instalações industriais que usam combustíveis fósseis ou biomassa como combustível. O CO₂ também pode ser capturado diretamente da atmosfera.

Se não for usado no local, o CO₂ capturado é comprimido e transportado por oleoduto, navio, trem ou caminhão para ser usado em uma variedade de aplicações ou injetado em formações geológicas profundas (incluindo reservatórios de petróleo e gás esgotados ou formações salinas) que prendem o CO₂ para armazenamento permanente.

De acordo com a análise da *International Energy Agency* (IEA, 2021b), as aplicações de CCUS nas diversas setores produtivos possuem custos significativamente diferentes. O custo pode variar muito por fonte de CO₂, de uma faixa de US\$ 15-25/t CO₂ para processos industriais que produzem fluxos de CO₂ “puros” ou altamente concentrados (como produção de etanol ou processamento de gás natural) para US\$ 40-120/t CO₂ para processos com fluxos de gás “diluídos”, como produção de cimento e geração de energia. Capturar CO₂ diretamente do ar é atualmente a abordagem mais cara, mas pode desempenhar um papel único na remoção de carbono. Algumas tecnologias de captura de CO₂ já estão comercialmente disponíveis, enquanto outras ainda estão em desenvolvimento, e isso contribui ainda mais para a grande variedade de custos. A análise da IEA aponta também que existe um potencial considerável para reduzir os custos ao longo da cadeia de valor do CCUS, especialmente porque muitas aplicações ainda estão nos estágios iniciais de comercialização. A experiência indica que o CCUS deve se tornar mais barato à medida que o mercado cresce, a tecnologia se desenvolve, os custos financeiros diminuem, as economias de escala são alcançadas e a experiência de construir e operar instalações de CCUS se acumula. Esse padrão já foi observado em tecnologias de energia renovável nas últimas décadas. Para saber mais informações sobre CCUS e seu custo, consulte: <https://www.iea.org/reports/about-ccus> e <https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive>.

É necessário destacar que, com base nas informações apresentadas, a participação do gás natural na matriz de energia elétrica do Estado está aumentando. Além das UTEs já citadas no texto, consultando os Empreendimentos em Estudo na base do SIGA, existem 9 termelétricas com potência total de 3.732,01MW, em despacho de registro de requerimento de outorga (DRO), com data de publicação entre os anos de 2014 a 2021¹⁰. Conforme discutido neste documento, o gás natural pode se apresentar como um elemento de transição, mas não se pode deixar de considerar que a queima de gás natural contribui significativamente com emissão de CO₂ para a atmosfera, mesmo emitindo menos que a queima de óleo e carvão mineral. Para garantir a participação a longo prazo do gás natural na matriz de energia elétrica do Estado, seu uso deve estar associado à utilização de técnicas de mitigação de emissões de CO₂. Além disso, existe a restrição da vida útil das reservas de gás natural do Estado de 13 anos para o gás natural *offshore* e 14 anos para o gás natural *onshore* e oferta no mercado correlacionada com a política das empresas comercializadoras. Estas condições representam aspectos significativamente relevantes para a posição do gás natural como elemento de transição.

2.2.3 Transportes

O Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050 (Brasil, 2020) desenvolvido pela Empresa de Pesquisa energética (EPE) do Governo Brasileiro afirma que o setor de transporte é responsável por cerca de 1/3 do consumo final de energia no Brasil, além de toda importância econômica e social que o setor tem para deslocar cargas e pessoas pelo país. Assim, atenção especial ao setor de transporte deve ser dada e ações que levem à redução de emissões, mantendo a qualidade de sua função econômica e social, são vitais.

O setor de Transportes corresponde a 23,5% do consumo de energia da matriz energética do ES, sendo responsável por 100% do consumo de gasolina, querosene e etanol, 88% do consumo de óleo diesel e 4% do consumo de gás natural, segundo o Balanço Energético do ES (ARSP-ES, 2022).

A Figura 21 apresenta a evolução da frota veicular no ES com base na quantidade acumulada de veículos emplacados por ano por tipo de veículo. Pode-se perceber que 53,9% dos veículos emplacados até 2020 são carros de passeio e 29,6% são motos. O emplacamento de motos têm sido crescente face ao seu baixo custo de aquisição e ao seu custo de uso e manutenção. De acordo com dados do IBGE (IBGE, 2022), havia 187.126 motos emplacadas em 2006 e, em 2020, já estavam emplacadas 595.176, com tendência de crescimento. Caminhões, caminhonetes e utilitários representam, respectivamente,

¹⁰ Fonte Aneel. Link: <https://bit.ly/2IGf4Q0>.

4,8%, 9,3% e 1,2% dos emplacamentos até 2020, ficando os ônibus com 1,2% dos emplacamentos.

É importante enfatizar que 83,5% dos veículos emplacados acumulados em 2020 são destinados a transporte particular, que geralmente transporta um único passageiro, gerando a emissão de poluentes por passageiro maior, pois existe uma capacidade ociosa do veículo. O transporte coletivo representa somente 1,2% dos veículos emplacados e o setor de transporte de carga representa 15,3% dos veículos emplacados.

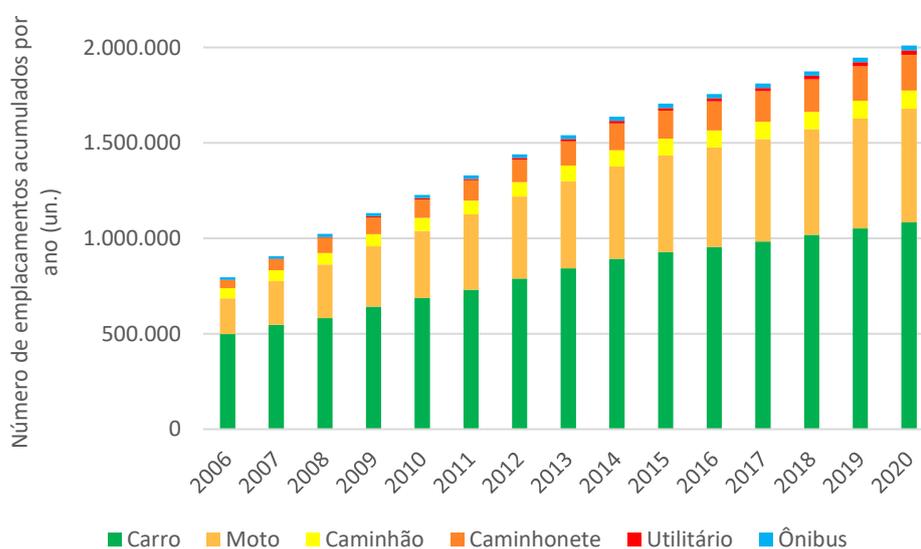


Figura 21. Evolução da frota veicular no ES com base na quantidade acumulada de veículos emplacados por ano por tipo de veículo. Fonte de dados: IBGE (2022)

Um fator importante para ser analisado em relação à frota é sua idade média. A Figura 22 apresenta o panorama da idade da frota do ES, consolidada por todos os tipos de veículos. Pode-se observar que de 2010 em diante a frota de veículos do ES vem envelhecendo. Em 2010, 44,7% da frota tinha menos de 5 anos, caindo para 21,2% em 2019. Destaca-se que a frota com mais de 10 anos de uso, que representava 40,3% em 2010, passou para mais da metade da frota, 50,7%, circulando no Estado. Isso é um sinal de alerta para o aspecto das emissões, pois veículos mais antigos usam tecnologias mais antigas, que consomem mais combustível e, portanto, poluem mais, além de usarem combustíveis mais poluentes, i.e., diesel s500 em vez de diesel s10. A análise do percentual de participação dos veículos com idade abaixo de 5 anos na frota do Estado é bastante importante para identificar a velocidade na qual novas tecnologias disponíveis são inseridas na frota estadual, como por exemplo veículos híbridos, elétricos ou outras tecnologias futuras.

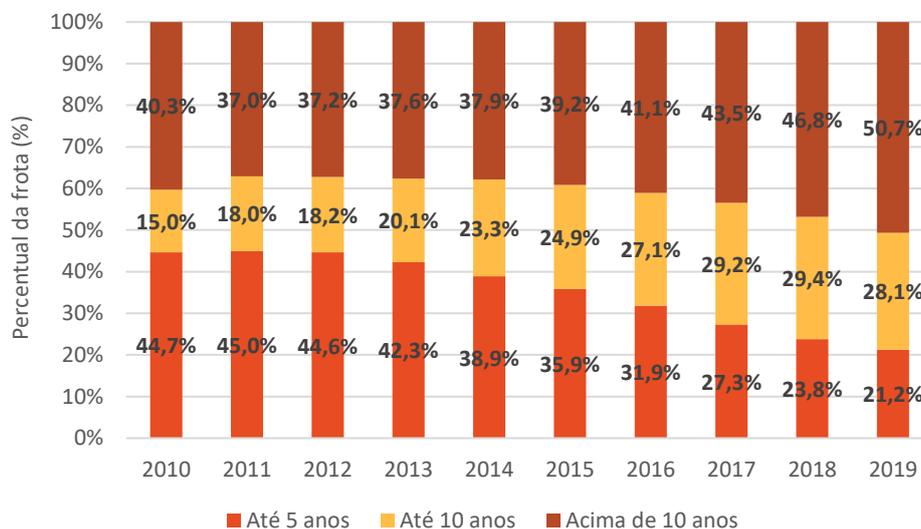


Figura 22. Idade média da frota no ES por categoria de idade (5, 10 e acima de 10 anos). Fonte: Adaptado de (ONTL, 2022)

Outro dado importante para projetar as ações futuras é a taxa de motorização da população, que representa a quantidade de veículos por cada 1.000 habitantes. A Figura 23 apresenta a evolução da taxa de motorização no ES, que vêm crescendo desde 2009 representando que se têm cada vez mais veículos por habitantes, o que pode representar um aumento do transporte particular, como citado, menos eficiente, em detrimento ao transporte coletivo, menos intensivo em termos de poluição. A taxa de motorização tem apresentado um crescimento médio anual de cerca de 4%, ao longo dos últimos 10 anos (2009-2019). O crescimento da taxa de motorização torna-se ainda mais relevante considerando-se o crescimento da população projetado pelo IBGE de 18% em relação à população atual para 2050 (Figura 1). É pouco provável que esta taxa de crescimento se sustente até 2050, mas é interessante notar que mesmo que tenhamos um crescimento anual da taxa de motorização da população de apenas 1% ao ano, a frota resultante seria 55% maior, para um crescimento da taxa de motorização de apenas 2% ao ano, a frota resultante seria 105% maior. Estes números requerem planejamento específico para o setor em longo prazo, principalmente com ações ligadas ao transporte público.

Um fator que pode aumentar o consumo dos veículos e, conseqüentemente, as emissões, é o estado de conservação das estradas de rodagem, sobretudo, no que diz respeito ao transporte de carga. Em estudo realizado pela Confederação Nacional do Transporte – CNT (CNT, 2022) estimou-se que, por conta do estado de conservação das rodovias do ES, pode ter ocorrido um consumo desnecessário de 13,7 milhões de litros de diesel, em 2021. O ES possui muitas estradas estaduais que devem ser mantidas pelo governo estadual e, portanto, a avaliação da conservação dessas estradas deve ser um fator de atenção. A Pesquisa CNT (CNT, 2022) de rodovias avaliou toda a malha pavimentada das rodovias

federais e os principais trechos das rodovias estaduais do ES em 2021. O ES teve 1.726 km de estradas estaduais e federais analisadas, representando 1,6% do total pesquisado no Brasil. Do total de estradas analisadas, 59,8% foram consideradas regulares a péssimas e 40,2% consideradas boas.

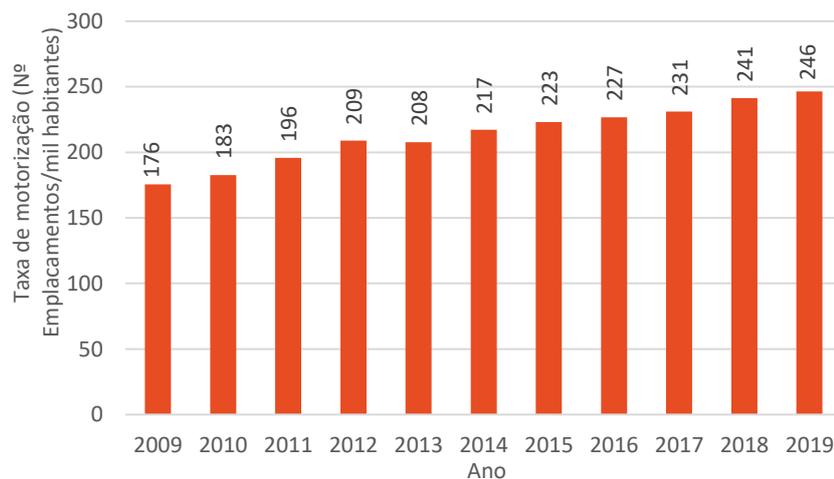


Figura 23. Evolução da taxa de motorização no ES. Fonte: Adaptado de (ONTL, 2022)

O transporte ferroviário é hoje majoritariamente realizado pela Estrada de Ferro Vitória a Minas gerida pela empresa Vale S/A. Suas locomotivas de viagens e de manobra do Pátio de Tubarão abastecem no posto de abastecimento do Complexo de Tubarão, localizado no município de Serra – ES. Segunda ARSP-ES (2022), em 2020, essas locomotivas consumiram 80.328.368 litros de diesel. Convém ressaltar que este consumo está principalmente ligado à Vale, que possui metas específicas de neutralização de emissões de GEE até 2050.

Para o setor de transportes, no Brasil, foram propostas políticas e planos com foco na maior eficiência do sistema e na minimização de emissões. Dentre os diversos planos e políticas, destacam-se: Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM); Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU); Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI); Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio); Programa Rota 2030 de Mobilidade e Logística, Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE); Plano Nacional de Eficiência (PNEf); projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana, Programa Mobilidade Elétrica e Propulsão Eficiente (PROMOB-e); Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV); e Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET). Apesar de todos esses planos, muito ainda deve ser realizado para que efetivas reduções de emissões do sistema de transportes sejam alcançadas.

O PNE sugere macroestratégias para reduzir emissões e, dentre elas, citam-se: 1) priorização do transporte de massa (Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), Bus Rapid Transit

(BRT), dentre outros); 2) migração da frota de veículos leves a combustão para veículos híbridos flex e veículos elétricos; 3) Digitalização da mobilidade urbana visando reduzir congestionando melhorando a fluidez e eficiência do transporte. Para atingir essas macroestratégias, o PNE sugere algumas tecnologias, dentre elas, destacam-se: 1) Veículos flexfuel; 2) Gás Natural Liquefeito (GNL), Gás Natural Veicular (GNV) e Biometano; 3) Biodiesel; 4) Diesel renovável ou diesel verde (Green Diesel); 5) Veículos elétricos; e 6) Pilha a Combustível para produção de hidrogênio a partir de biocombustíveis e gás (gás natural e biometano).

A busca pela tecnologia de veículos híbridos flex e veículos elétricos se justifica pela previsão do PNE que um aumento de renda da população pode levar ao Brasil ter 130 milhões de veículos leves em 2050, portanto, se for mantido o veículo a combustão tradicional, haverá um aumento expressivo no consumo de combustíveis fósseis e nas emissões de CO₂eq. Além disso, a taxa de motorização no Brasil deve chegar a aproximadamente 1,6 habitantes/veículo, quando era em 2013 aproximadamente 5,3 habitantes/veículo (Figura 24). O patamar de 2050 se equipara aos países da OCDE, mais ricos e desenvolvidos que o Brasil. Dessas projeções, percebe-se também a importância da migração do transporte individual para o transporte coletivo visando a reverter essa tendência, desestimulando a compra de veículos leves por meio da oferta de transporte coletivo de qualidade e confiabilidade.

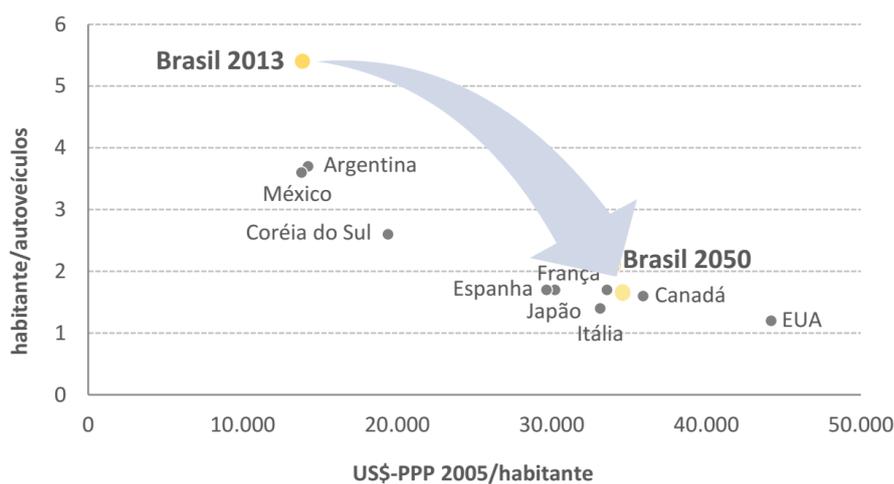


Figura 24. Evolução comparada na taxa de motorização no Brasil. Fonte: PNE 2050 (Brasil, 2020).

No Brasil, no que diz respeito à eletromobilidade¹¹, o PNE 2050 prevê que face aos desafios a serem superados pelas tecnologias veiculares híbridas e elétricas, haverá uma entrada gradual dessas tecnologias e que, por um tempo considerável, elas conviverão com os veículos de combustão interna. Isso se deve sobretudo aos custos muito inferiores de veículos a combustão quando comparados com os veículos híbridos e elétricos. A análise da política de implantação de eletromobilidade não se limita à propulsão do tipo de veículo, mas se preocupa também com a fabricação de veículos, motos, ônibus e caminhões elétricos e com a infraestrutura para que eles possam ser abastecidos e circular.

Outro fator que inibe o rápido crescimento da eletromobilidade é a carência de infraestrutura, sobretudo, eletropostos para reabastecimento dos veículos elétricos. Assim, para superar a falta de infraestrutura inicial no país, acredita-se que a opção seja a adoção de veículos híbridos utilizando biocombustíveis, eminentemente o etanol.

Para os veículos pesados, nem no Brasil e no mundo existem soluções a curto prazo para substituição dos motores a combustão, sendo, no momento, a melhor aposta os biocombustíveis. Também tem sido buscada uma melhora sistêmica dos veículos pesados, reduzindo seu peso com materiais e projetos modernos, eficiência dos motores, melhoras aerodinâmicas, de transmissão e pneus, dentre outras.

É importante compreender que as rotas de descarbonização adotadas pelo ES no setor de transportes devem estar alinhadas com as políticas nacionais e as perspectivas tecnológicas internacionais. A conjuntura externa ao Estado é de vital importância no sucesso das políticas de descarbonização. Neste contexto, a seleção das rotas tecnológicas empregadas no ES deve levar em consideração as características do Estado, as políticas nacionais (vigentes e em construção) e as perspectivas tecnológicas internacionais.

2.2.4 Potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis

Todos os caminhos globais modelados pelo IPCC em seu último relatório sobre Mitigação de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), que limitam o aquecimento a 1,5°C (sem nenhum ou limitado *overshoot*) e aqueles que limitam o aquecimento a 2°C, envolvem reduções rápidas e profundas e na maioria dos casos imediatas de emissões de GEE em todos os

¹¹ A eletromobilidade pode ser definida como sendo a mobilidade (as vezes entendida como transporte, apesar de não o ser) que faz uso de veículos movidos exclusivamente, ou parcialmente, por motores elétricos.

setores. As estratégias de mitigação empregadas incluem a transição de combustíveis fósseis sem CCUS para fontes de energia com muito baixo ou zero carbono, como renováveis ou combustíveis fósseis com CCUS, melhoria da eficiência e implantação de métodos de remoção de dióxido de carbono (CDR) para contrabalançar as emissões residuais de GEE.

Com o objetivo de fornecer uma perspectiva sobre os custos das tecnologias renováveis em comparação com fontes tradicionais, a Tabela 4 apresenta os custos de implantação e operação da geração considerado pelo Modelo de Decisão de Investimentos da Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia do Brasil, que foi empregado para elaborar o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (EPE, 2021b). É possível observar que os custos considerados para algumas fontes renováveis, como eólica *onshore* e fotovoltaica, já são razoavelmente comparáveis aos custos de tecnologias fósseis mais tradicionais. Por outro lado, outras tecnologias renováveis, como eólica *offshore*, ainda apresentam custos significativamente mais elevados¹².

A redução de custos e os incentivos têm sido responsáveis pela expansão do uso de renováveis no Brasil. Segundo o Balanço Energético Nacional 2022 (EPE, 2022):

“Em 2021, a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil (centrais de serviço público e autoprodutoras) alcançou 181.610 MW, acréscimo de 6.873 MW, não incluída a mini e micro geração. Na expansão da capacidade instalada, as centrais eólicas contribuíram com 3.640 MW ou seja 53% do total adicionado. ... A produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançou 72,3 TWh em 2021, equivalente a um aumento de 26,7% em relação ao ano anterior, quando se atingiu 57,1 TWh. Em 2021, a potência instalada para geração eólica no país expandiu 21,2%. Segundo o Banco de Informações da Geração (SIGA), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o parque eólico nacional atingiu 20.771 MW.”

¹² Para informações adicionais sobre os custos considerados no PDE 2030, consulte https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf

Tabela 4. Resumo das considerações de custos para as tecnologias do Modelo de Decisão de Investimentos empregado para elaborar o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (EPE, 2021b). Fonte: Adaptado de EPE (2021b).

Tipo de Tecnologia	Faixas de CAPEX, mín e máx [R\$/kW]	CAPEX Referência, sem JDC [R\$/kW]	O&M [R\$/kW/ano]	Encargos Impostos [R\$/kW/ano]	CVU [R\$/MWh]
Usinas Hidrelétricas	8.935 a 15.244	-	30 a 50	490 a 700	-
Fotovoltaica	3.000 a 5.000	4.000	50	150	-
Eólica <i>Onshore</i>	3.200 a 5.500	4.500	90	180	-
PCH (CAPEX Baixo)	3.500 a 6.500	5.000	90	180	-
PCH (CAPEX Médio)	6.500 a 8.500	7.500	90	230	-
PCH (CAPEX Alto)	8.500 a 11.500	10.000	90	300	-
Biomassa (Bagaço de Cana)	2.000 a 5.500	4.000	90	190	-
Biomassa (Cavaco de Madeira)	4.000 a 8.000	6.000	120	250	-
Biogás	3.000 a 10.000	7.500	500	300	-
RSU	14.500 a 27.000	19.600	600	750	-
Gás Natural (Ciclo Combinado)	3.400 a 5.900 (apenas a UTE)	4.100	80 (UTE) + 80 (Regas)	250	268 a 347
Gás Natural (Ciclo Aberto)	2.900 a 4.700	3.400	80 (UTE) + 160 (Regas Terceiros)	230	451 a 560
Gás Natural (C Comb. Pré-sal)	3.400 a 5.900 (apenas a UTE)	5.10031	150	280	202
Carvão Nacional	8.000 a 13.500	9.800	160	620	120
Nuclear	22.000 a 29.400	24.500	490	740	44
Eólica Offshore	9.800 a 18.600	12.250	490	450	-
Fotovoltaica Flutuante	3.800 a 6.500	5.000	65	180	-
Usinas Reversíveis	2.400 a 12.000	6.500	70	300	-
Armazenamento – Baterias	6.000 a 9.800	7.350	70	310	-

Os dados do Balanço Energético Nacional 2022 (EPE, 2022) mostram que a participação das fontes renováveis na capacidade instalada de geração do país é cerca de 83%, com solar e eólica correspondendo a 2,6% e 11,4 %, respectivamente, conforme mostrado na Figura 25.

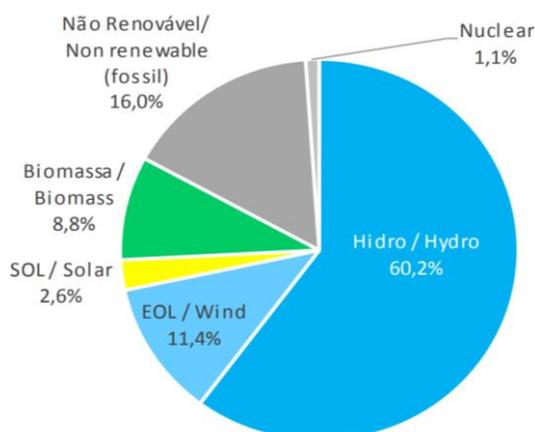


Figura 25. Participação das fontes na capacidade instalada

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (EPE, 2021) aponta para o aumento da participação das fontes eólica e solar na capacidade instalada do SIN. Conforme apresentado na Figura 26, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 projeta um crescimento da participação de fontes renováveis incentivadas (eólica, solar, PCH e biomassa) na capacidade instalada da geração centralizada de 24% em 2020 para 33% em 2030. A Figura 27 apresenta a projeção da variação de capacidade instalada no horizonte decenal, em GW por tecnologia, indicando significativa expansão da geração distribuída (483% de aumento), solar (171%) e eólica (103%) e uma redução da capacidade instalada de geração baseada em carvão, diesel e óleo.

Outro quesito relevante a ser observado no panorama nacional é o crescimento do mercado livre de energia elétrica ou Ambiente de Contratação Livre (ACL). Segundo dados da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL, 2022), o mercado livre de energia elétrica atualmente responde por 38% de toda energia consumida no país, apresentando um aumento de 9,7% no consumo ao longo dos últimos meses. Mais de 80% do consumo industrial do país está associado ao Mercado Livre de Energia Elétrica. O mercado livre se consolida como indutor das energias renováveis, absorvendo 68% da energia gerada por usinas a biomassa, 61% por PCH, 47% por eólicas e 40% por solares centralizadas. Com isso, o mercado livre absorveu 54% da geração de energia consolidada de fontes renováveis incentivadas (eólica, solar, PCH e biomassa), segundo maior patamar da série histórica. Em agosto de 2022, a produção consolidada das quatro fontes de energia renováveis incentivadas somou 20.628 MW médios em agosto de 2022, maior patamar

observado até então, superando pela primeira vez a barreira dos 20.000 MW médios de produção mensal. Dos 20.628 MW médios gerados, 11.079 MW médios foram destinados ao mercado livre de energia para o atendimento das demandas dos consumidores livres de energia elétrica (Figura 28).

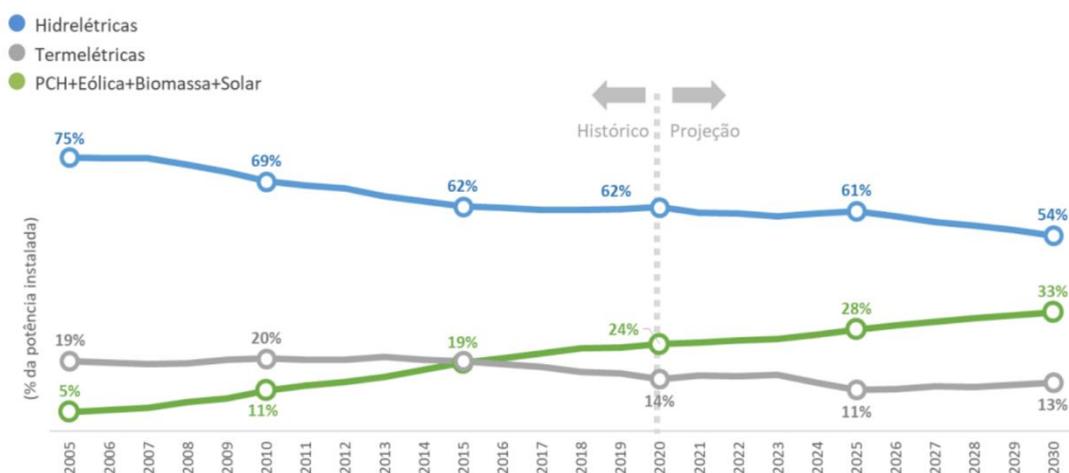


Figura 26. Projeção da participação das fontes na capacidade instalada da geração centralizada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Fonte: EPE (2021c).

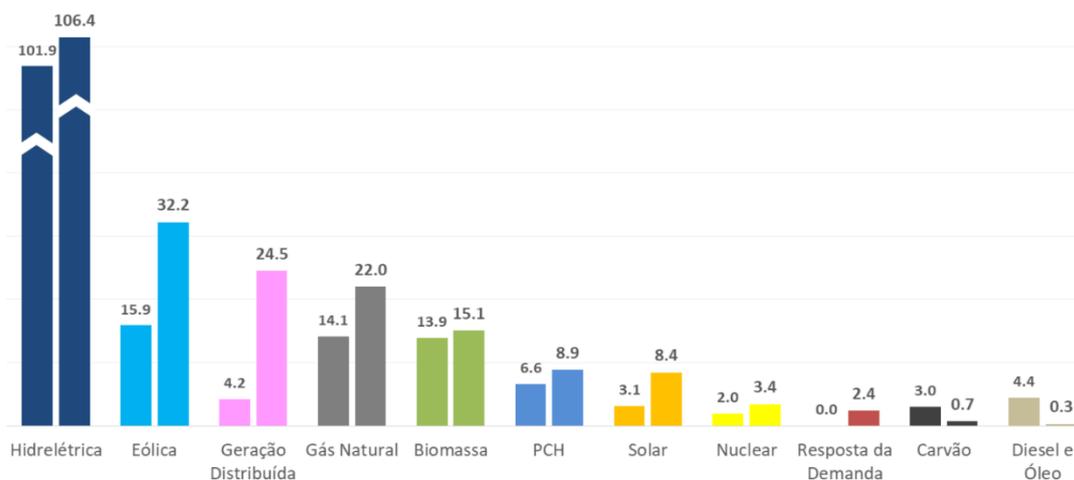


Figura 27. Projeção da variação de capacidade instalada no horizonte decenal prevista no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, em GW por tecnologia. Fonte: EPE (2021c).

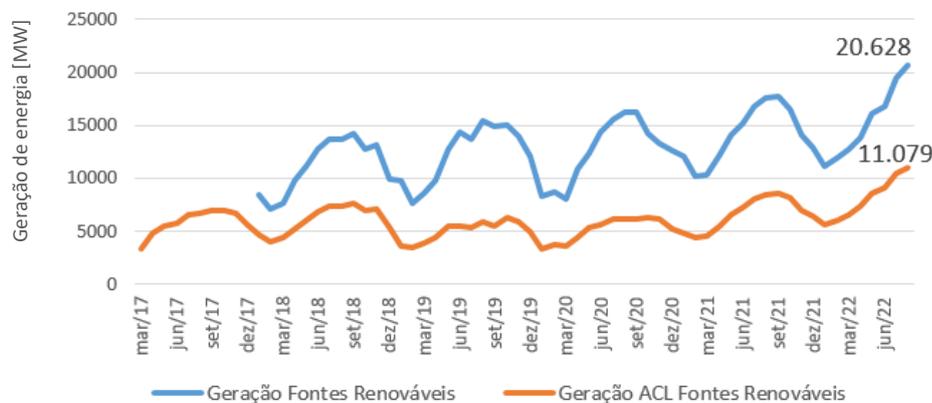


Figura 28. Geração total de energias renováveis incentivadas (eólica, solar, PCH e biomassa) e parcela vendida no mercado livre de energia (em MW médios). Fonte: ABRACEEL (2022).

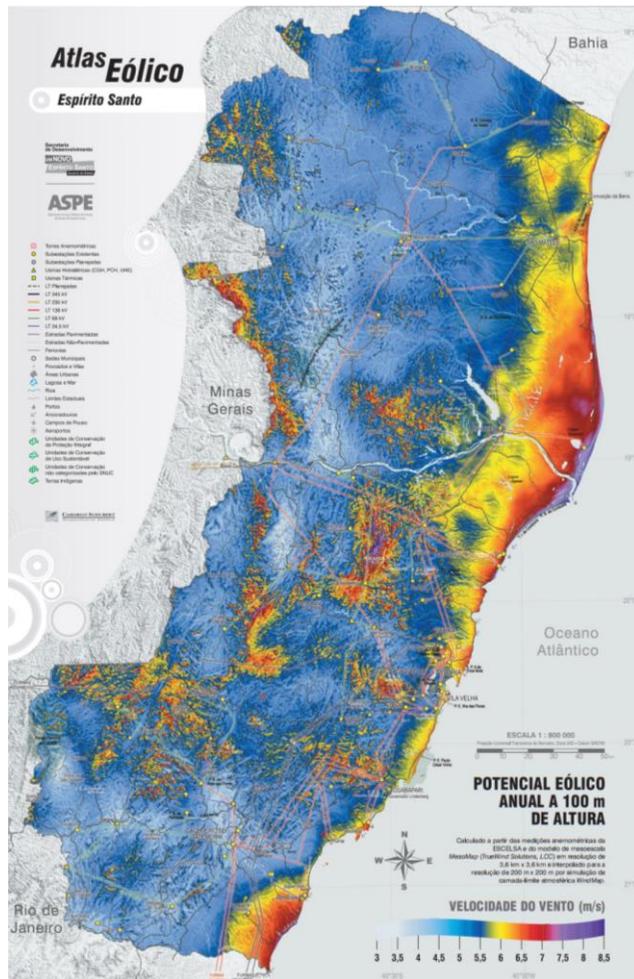
Esta seção apresenta uma breve revisão dos estudos e relatórios já elaborados para levantamento do potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis no Estado. Estes estudos foram realizados por diversas instituições e, no momento, representam os últimos dados disponíveis para os setores. Em alguns setores, trabalhos de atualização destes estudos estão sendo desenvolvidos. À medida em que forem publicados, estes trabalhos serão incorporados à base de conhecimento do projeto para subsidiar o processo de tomada de decisão.

2.2.4.1 Energia Eólica

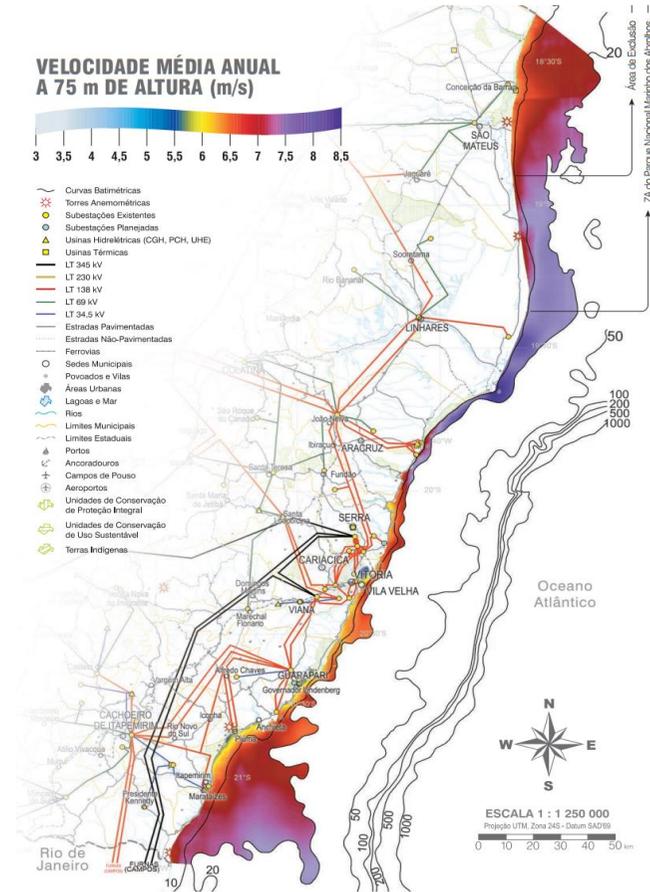
O Atlas Eólico Espírito Santo (Amarante et al., 2009), publicado pelo Governo do ES, por meio da Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP), apresenta uma estimativa do potencial eólico sobre a terra (*onshore*) e sobre o mar (*offshore*) ao longo da costa capixaba, para a porção com profundidades de até 20 m.

Na análise do potencial *onshore*, o documento indica que o ES tem 2 (duas) áreas mais propícias para a geração eólica: o litoral de Linhares e o litoral sul, municípios de Presidente Kennedy e Marataízes (Figura 29a). O documento considera que áreas com médias anuais a partir de 6,0 m/s possuem condições favoráveis para a operação de usinas eólicas¹³. As duas regiões apresentam baixa rugosidade e velocidades de vento médias anuais em torno de 6,5 m/s a 50 m de altura e têm interligação com o sistema elétrico nacional.

¹³ O documento ressalta que os limiares mínimos de atratividade para investimentos em geração eólica dependem do contexto econômico, com velocidades médias anuais entre 5,5 m/s e 7,0 m/s.



(a)



(b)

Figura 29. Velocidade média anual do vento a 75 m no ES: (a) onshore e (b) offshore. Fonte: Atlas Eólico Espírito Santo (Amarante et al., 2009).

O potencial eólico *onshore* foi estimado em 0,53 GW, 1,79 GW e 4,06 GW, para áreas com ventos iguais ou superiores a 6,5 m/s, nas alturas de 50 m, 75 m e 100 m, respectivamente. A estimativa de geração anual de energia é de 4.176 TJ (1,16 TWh), 13.356 TJ (3,71 TWh) e 26.280 TJ (7,30 TWh) nas alturas de 50 m, 75 m e 100 m (fator de capacidade ~22%).

O Atlas indica que o potencial de geração eólica *offshore* está distribuído ao longo da região costeira do ES e está estimado em 4,7 GW a 75 m de altura com velocidades de ventos maiores que 7,0 m/s, conforme Figura 29b. O documento ressalta que 45,5% do potencial eólico é dentro da Zona de Amortecimento (ZA) do Parque Nacional Marinho de Abrolhos. Entretanto, no dia 18 de março de 2022, o IBAMA publicou a Portaria Normativa Nº 14, de 18 de março de 2022 (IBAMA, 2022), que anula a definição dos limites da ZA do Parque Nacional Marinho de Abrolhos.

Os empreendimentos eólicos *offshore* requerem a existência de uma estrutura portuária que suporte o serviço de construção, montagem e transporte. Desta forma, a expertise já existente no setor offshore de óleo e gás no ES pode ser um importante facilitador para o desenvolvimento do setor eólico *offshore*.

Atualmente, estão em processo de licenciamento no IBAMA 4 projetos para implantação de usinas eólicas *offshore* no sul do ES. A Figura 30 mostra a localização dos 4 projetos em licenciamento no ES e 2 projetos em licenciamento no RJ que se estendem parcialmente até o ES. A

Tabela 5 mostra as características dos empreendimentos. Os projetos no ES têm uma potência total somada de 5,70 GW. Entretanto, como existe superposição entre os projetos, a potência máxima possível caso todos os empreendimentos sejam implantados é de 4,45 GW. O potencial em licenciamento é bastante significativo, principalmente, se for considerado que a potência atual de geração de energia elétrica no ES é de 1,99 GW (incluindo as usinas já outorgadas), conforme reportado anteriormente.

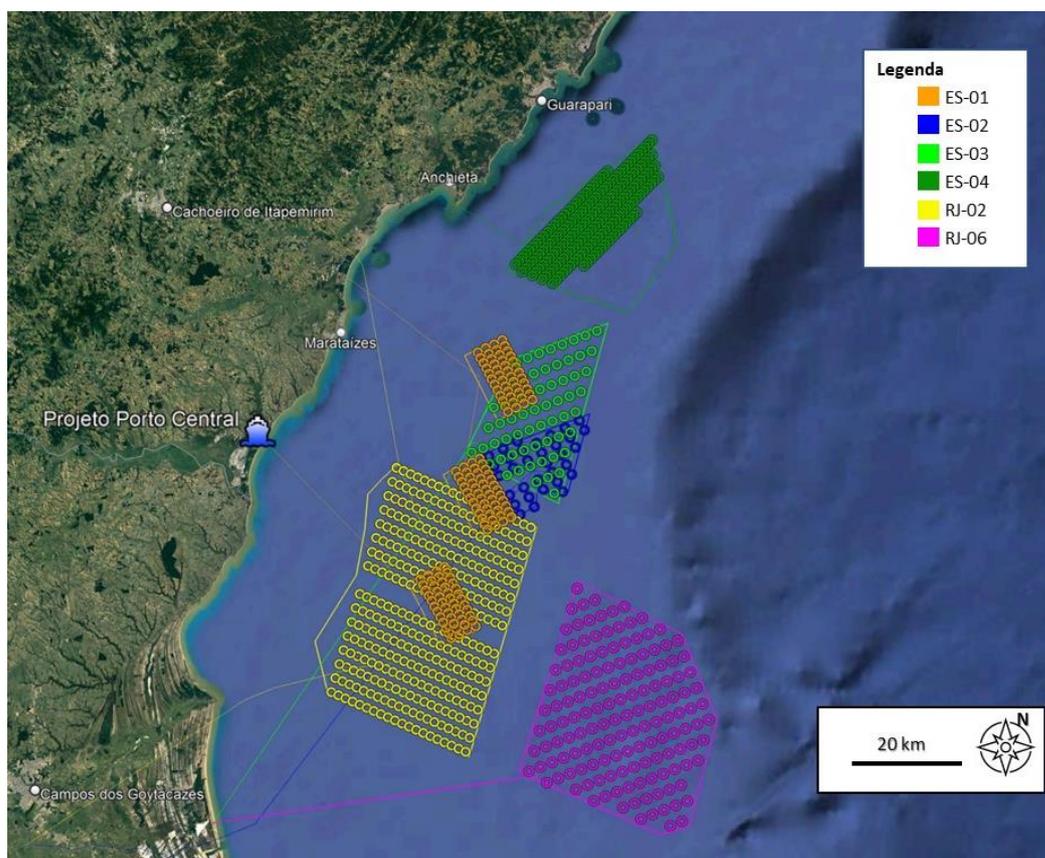


Figura 30. Processos de licenciamento ambiental de eólicas *offshore* abertos no Ibama até 20 de abril de 2022. Fonte de dados: GoogleEarth e IBAMA (2022)

Atualmente, uma nova versão do Atlas Eólico do ES está sendo elaborada com entrega prevista para 2023. O projeto será financiado pela Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ) em cooperação com o Governo do Estado do ES. A ação faz parte do Programa *Strategic Partnerships for the Implementation of the Paris Agreement* (SPIPA), desenvolvido pela GIZ. Entre outras ações, o projeto apoia estados brasileiros com potencial para a produção de energia eólica, incluindo o Espírito Santo. A nova versão do Atlas deverá incluir uma análise do potencial *onshore* e *offshore*.

Tabela 5. Características dos projetos em licenciamento - Complexos Eólicos Offshore no ES.

Fonte: IBAMA (2022).

ES-01		Aerogeradores	
Dados do Empreendimento		Pot (MW)	10
Usina	Votu Winds	Torre (m)	150
Processo	02001.029651/2020-59	Pá (m)	96
Aberto em	2020/12/28	Altura (m)	247
Potência	1440 MW		
Torres	144		
Área (km ²)	280.089		
Titular	Votu Winds		
ES-02		Aerogeradores	
Dados do Empreendimento		Pot (MW)	15
Usina	Vitoria Offshore	Torre (m)	150
Processo	02001.001043/2022-41	Pá (m)	118
Aberto em	2022/01/14	Altura (m)	268
Potência	495 MW		
Torres	33		
Área (km ²)	164.651		
Titular	Geradora Eólica Brigadeiro II SA		
ES-03		Aerogeradores	
Dados do Empreendimento		Pot (MW)	20
Usina	Quesnelia	Torre (m)	157
Processo	02001.001549/2022-51	Pá (m)	132
Aberto em	2022/01/21	Altura (m)	289
Potência	1240 MW		
Torres	62		
Área (km ²)	395.259		
Titular	Bluefloat Energy do Brasil Ltda		
ES-04		Aerogeradores	
Dados do Empreendimento		Pot (MW)	14
Usina	Projeto Ubu	Torre (m)	136
Processo	02001.006228/2022-42	Pá (m)	111
Aberto em	2022/03/16	Altura (m)	247
Potência	2520 MW		
Torres	180		
Área (km ²)	489.168		
Titular	Shell Brasil Petróleo Ltda		

2.2.4.2 Energia Solar

O documento “Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades” foi publicado pela Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo

(ASPE) em 2013 (ASPE, 2013/Atualmente ARSP). A Figura 31 apresenta o mapa da irradiação diária média anual no plano inclinado no Espírito Santo e mostra que esta irradiação varia entre 4,64 kWh/m²/dia e 5,40 kWh/m²/dia indicando o potencial solarimétrico do Estado.

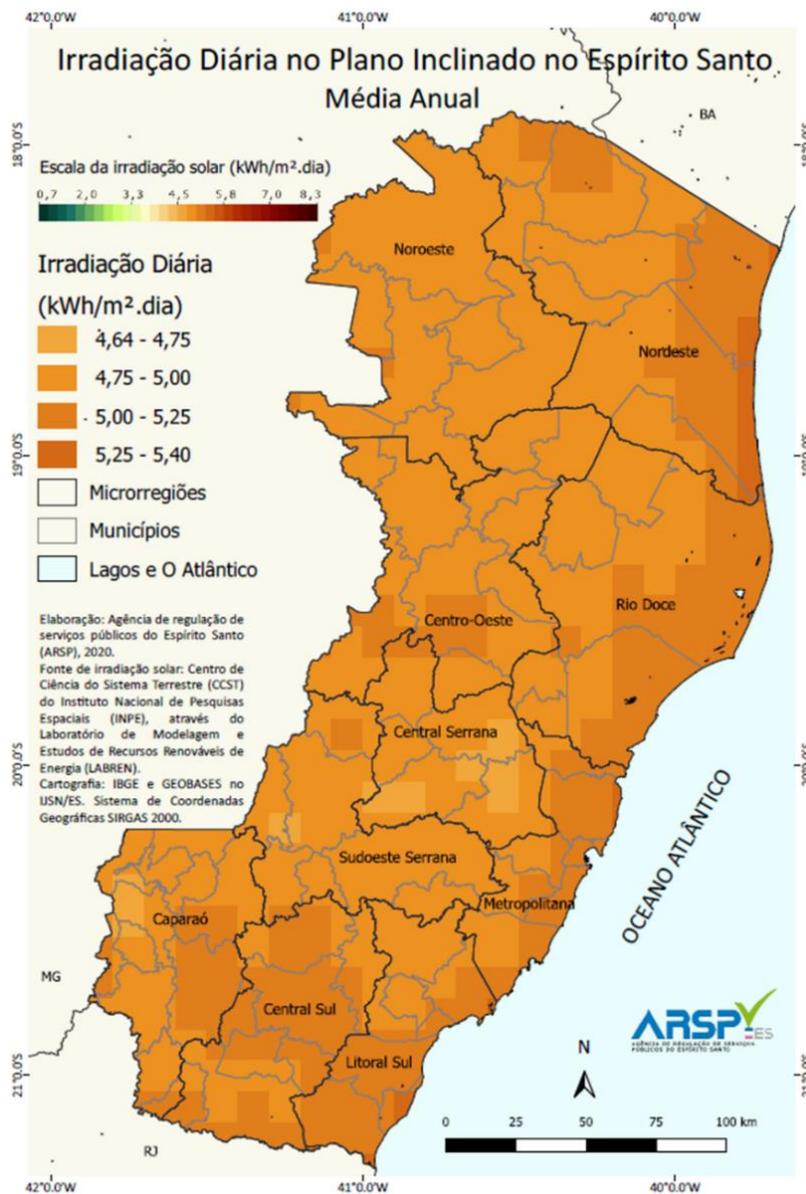


Figura 31. Mapa da irradiação diária média anual no plano inclinado no Espírito Santo. Fonte: ARSP - A energia solar no Espírito Santo

Além de apresentar o potencial para o Estado, o documento compara a irradiação no ES com a média no Brasil e em outras regiões do mundo, indicando que a irradiação do ES é superior a países como a Alemanha (2,5 kWh/m²/dia e 3,4 kWh/m²/dia) e Espanha (3,4

kWh/m²/dia e 5,0 kWh/m²/dia), que são o 1º e 2º geradores de energia elétrica a partir da energia solar da Europa, demonstrando a viabilidade tecnológica desta modalidade de produção de energia (Figura 32).

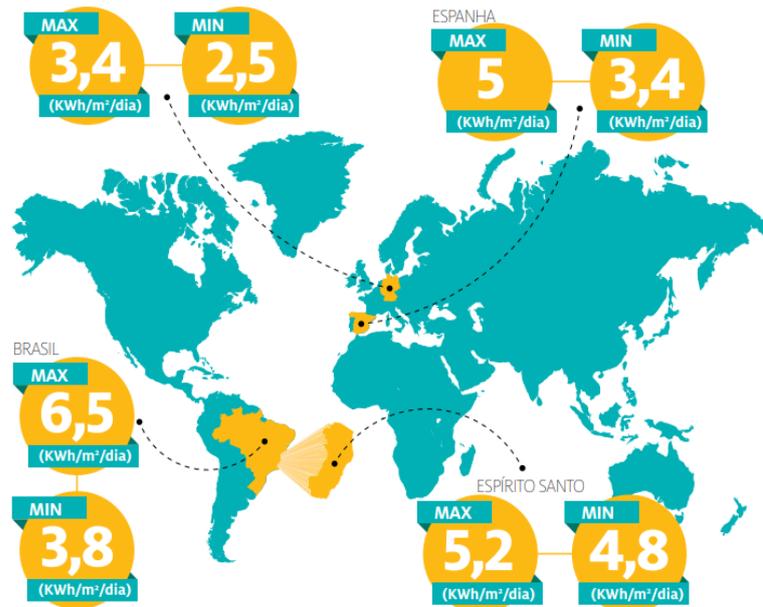


Figura 32. Irradiação média no ES, no Brasil e em outras regiões do mundo. Fonte: ARSP - A energia solar no Espírito Santo

Entretanto, é importante ressaltar que o ES não faz parte das regiões com maior nível de irradiação disponível, possuindo nível mediano em relação aos demais Estados brasileiros (4,50 a 5,25 kWh/m²/dia), de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2017) - Figura 33. Enquanto algumas regiões como o PI, norte de MG ou leste de BA alcançam níveis de irradiação de cerca de 6,0 kWh/m²/dia. Este fator torna estas regiões mais atrativas para a instalação de grandes empreendimentos de geração centralizada. Por outro lado, a proximidade com os setores consumidores pode reduzir os custos de transmissão no ES, tornando os investimentos mais atrativos. Diferentemente da geração distribuída, que vem se espalhando por todas as regiões do Brasil, a geração solar fotovoltaica centralizada tem se concentrado nas áreas mais ensolaradas do país, onde, além da disponibilidade do recurso solar, também o custo da terra deve ser levado em conta (Pereira et al., 2017). No momento, as maiores usinas de geração solar brasileiras estão instaladas em MG, PI, BA, SP e CE (Portal Solar, 2022). Todavia, é importante ressaltar que as limitações de linhas de distribuição podem ser um fator relevante no futuro, e a instalação de usinas em regiões mais próximas aos pontos de maior demanda pode se tornar mais relevante.

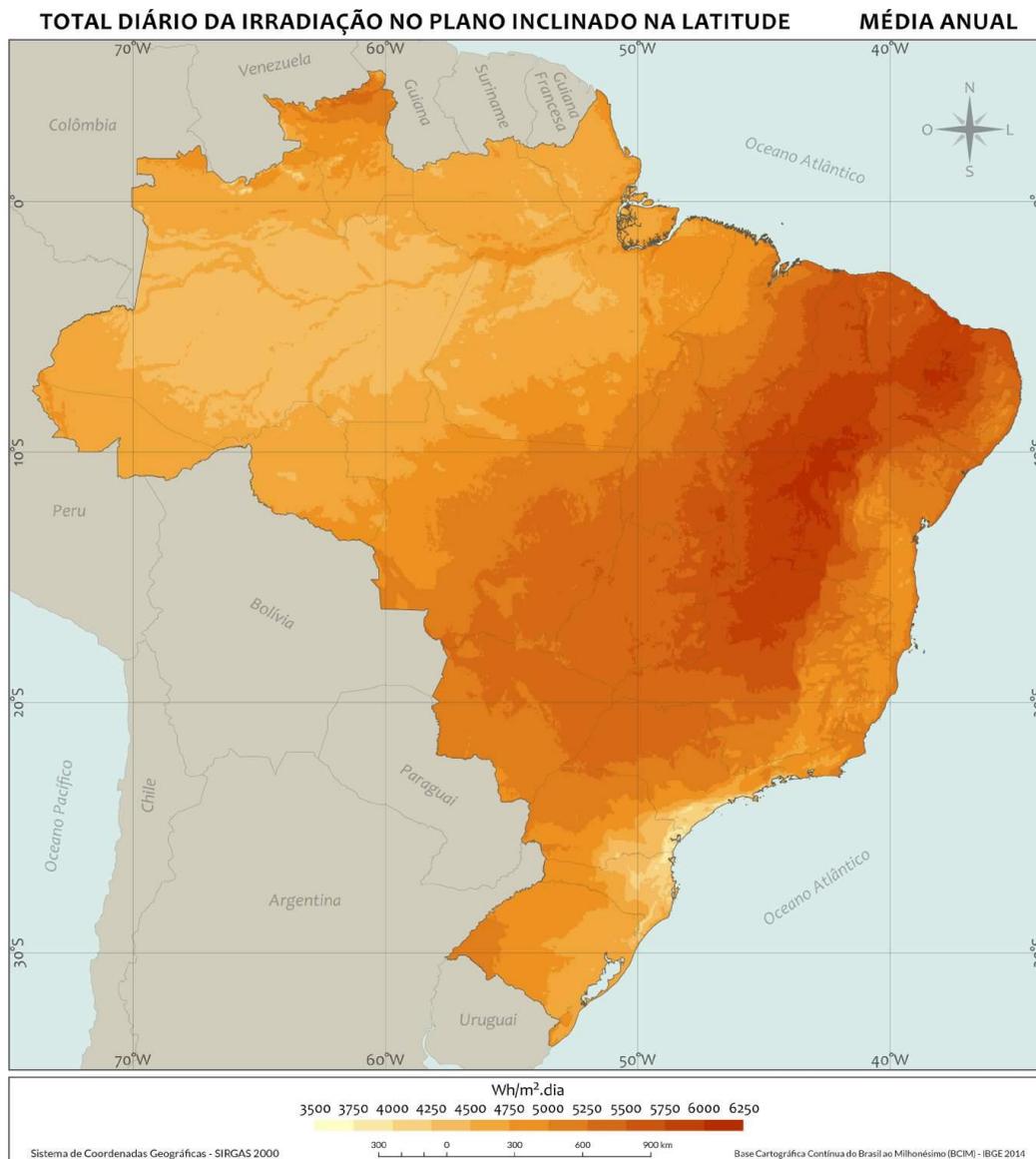


Figura 33. Total diário de irradiação no plano inclinado na latitude média anual no Brasil. Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2017).

Neste contexto, convém enfatizar que sistemas de conversão fotovoltaica (PV) mais eficientes e disponíveis comercialmente, hoje, alcançam eficiência pouco acima de 20%. Porém, muitos destes sistemas não passam de 16% de eficiência. A maior eficiência prática já conseguida com estes sistemas é de 25%, apesar da eficiência teórica ser de quase 35%. Os sistemas fotovoltaicos, apesar da baixa eficiência, são a melhor opção para aproveitamento da energia solar para pequenas capacidades ou potências instaladas, principalmente as menores que 10 MW. Independente da capacidade instalada, a eficiência destes sistemas permanece a mesma, aumentando apenas o número de células. Porém,

para grandes capacidades, principalmente acima de 20 MW, quando os ciclos térmicos de potência já alcançam eficiências entre 30 e 35%, é preciso considerar como alternativa competitiva, em termos de eficiência na conversão de energia solar, as termossolares (CSP), que são plantas que aproveitam a energia solar para gerar calor em concentradores e depois converter este calor em potência usando ciclos térmicos de potência.

No momento, a vocação do ES para geração de energia solar parece estar mais voltada primariamente para fotovoltaica e distribuída. De fato, a geração distribuída no Espírito Santo é dominada pela geração fotovoltaica e continua crescendo. No Brasil, de maneira geral, a geração distribuída também é responsável pela maior parcela da geração de energia solar (67%). A Figura 34 apresenta a evolução com o tempo da potência instalada de energia solar no Brasil, com um crescimento médio anual de 86% nos últimos 4 anos (2017-2021).

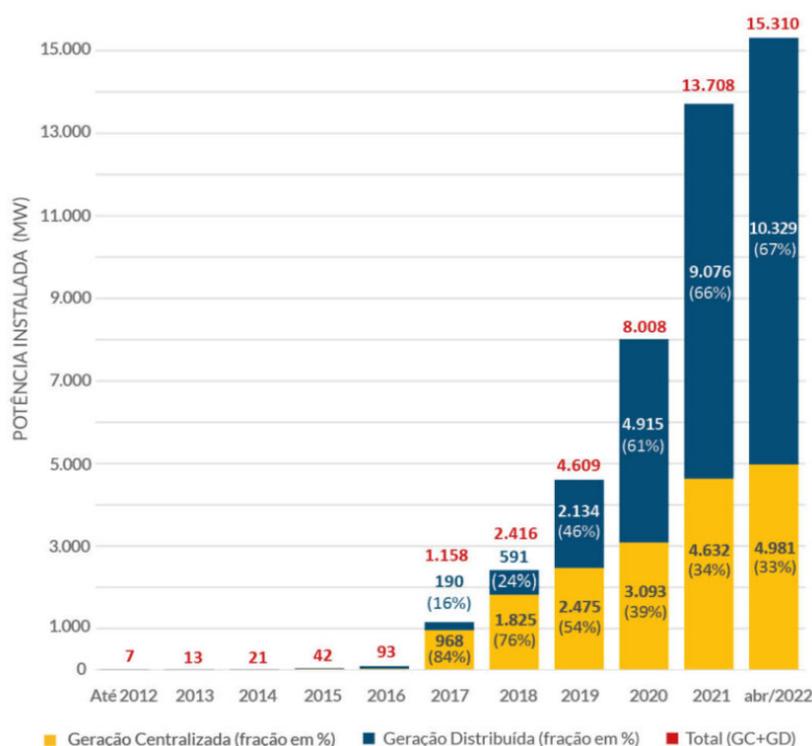


Figura 34. Evolução com o tempo da potência instalada de energia solar no Brasil. Fonte: Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABESOLAR, 2022).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABESOLAR, 2022), o ES ocupa apenas a 17ª colocação no ranking de estados geradores de energia solar distribuída, em 2022, com potência instalada de apenas 192 MW, enquanto outros estados da região sudestes como MG, SP e RJ, possuem potência instalada de 1730 MW, 1323 MW e 421

MW, respectivamente. Desta forma, existe um considerável potencial disponível para aproveitamento, principalmente para geração distribuída.

2.2.4.3 Energia Hídrica

Atualmente, existem 22 usinas hidrelétricas nos rios do Estado, somando uma potência outorgada de 565,3 MW correspondente a 31,54% da matriz. Das 22 usinas, 4 são UHE (Usina Hidrelétrica, com capacidade instalada acima de 30 MW), 7 são CGH (Central Geradora Hidrelétrica, com capacidade inferior a 5 MW) e 17 são PCH (Pequena Central Hidrelétrica, com capacidade instalada que seja superior a 5 MW e inferior a 30 MW).

O artigo intitulado “Potencial hídrico do Estado do Espírito Santo - energia, uso sustentável e tecnologias”, elaborado por pesquisadores da ARSP-ES, INCAPER e AGERH e publicado no IX Congresso Brasileiro de Regulação em 2015, traz as principais características das bacias hidrográficas (bacias de drenagem) no ES e o potencial hidrelétrico de cada uma, nos respectivos estágios de exploração (Lima et al., 2015). A avaliação do potencial de hidroeletricidade do Espírito Santo estima um potencial remanescente (ou seja, já retiradas as usinas existentes) de 893 MW, que representa 1,6 vezes a potência já instalada nos rios. Em especial, se observa no efetivo um potencial para microgeração de 568 MW e um para minigeração de 562 MW.

2.2.4.4 Biomassa

Em 2013, o Governo do Estado confeccionou, por meio da Agência de Serviços Público em Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE), o Atlas de Bioenergia do Espírito Santo (ASPE, 2013). O documento foi desenvolvido em um projeto colaborativo entre a ASPE, o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), juntamente com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). A metodologia de conversão da biomassa em energia utilizada foi a mesma desenvolvida pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO). Através desses dados, foram gerados mapas, por meio de geoprocessamento, acerca da disponibilidade de cada tipo de biomassa por município do Estado.

A biomassa no Estado é bem diversificada e pode ser classificada entre os seguintes segmentos da agroenergia: biodiesel, etanol, florestas energéticas e resíduos e dejetos. A Figura 35 apresenta o potencial de biomassa do Estado para cada setor. O potencial total de energia de biomassa do ES foi estimado em 4.343.608 MWh (15.637 TJ), que representa um potencial disponível no Estado de 539,7 MW. É importante notar que o setor com maior potencial é o de Efluentes Animais, com 69,1% da energia de biomassa. Em segundo lugar aparece o setor de Silvicultura com 16,8%, seguido pelo setor de lavouras temporárias com

4,4%. Os setores de Resíduos Sólidos Urbanos, Efluentes Domésticos e Comerciais e Lavoura Permanente correspondem a apenas 3,7%, 3,4% e 2,4% da energia de biomassa, respectivamente. Estes números demonstram o grande potencial de geração de energia no setor Agropecuário.

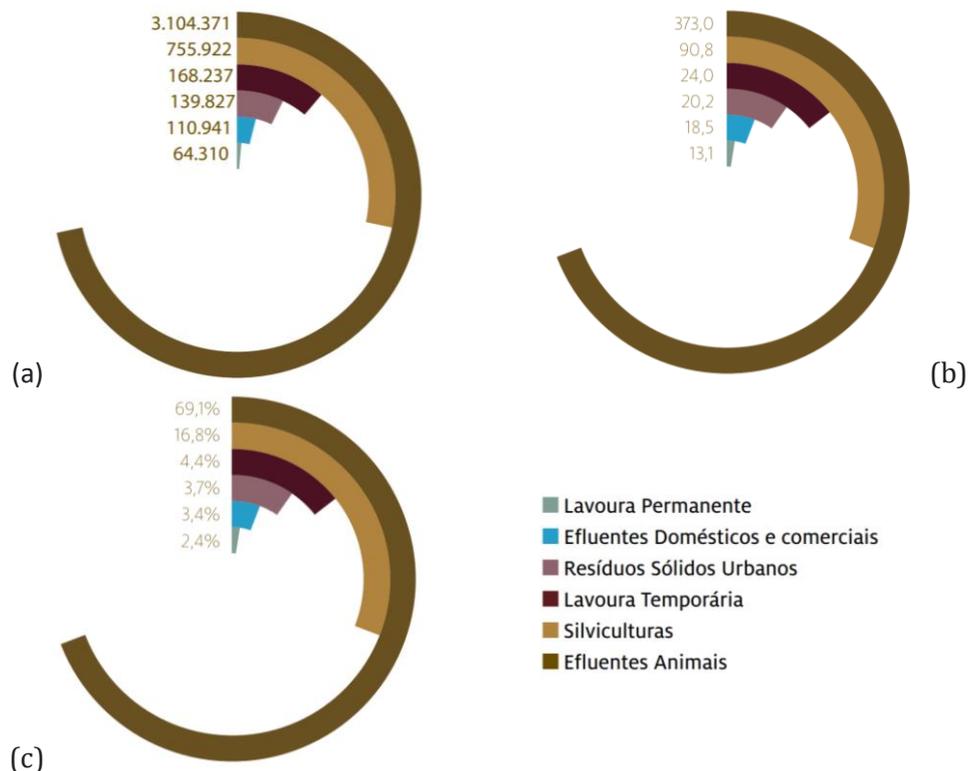


Figura 35. Potencial energético de biomassa por setor. (a) Energia [MWh], (b) Potência [MW] e (c) percentual de energia em cada tipo de biomassa em relação ao total. Fonte: (ASPE, 2013).

A Tabela 6 apresenta Energia e Potencial de cada tipo de biomassa no ES. Destacam-se o potencial energético da biomassa de resíduos de bovinos, de silvicultura e de aves. É importante destacar que a publicação considera, para o caso de resíduos animais, o metano (em m³) corresponde à quantidade de biogás resultante da decomposição do esterco gerado diariamente nas propriedades criadoras de suínos, bovinos, aves e demais criações e abatedouro. Entretanto, esse potencial não pode ser considerado totalmente, pois, apesar de abundante, grande parte da criação de animais é realizada pelo método extensivo. Com animais criados soltos no pasto, não há como realizar a coleta da biomassa. Neste contexto, as criações intensivas têm um potencial significativo de aproveitamento, destacando-se a avicultura e a suinocultura.

Tabela 6. Energia e Potencial de cada tipo de biomassa no ES. Fonte: Fonte: (ASPE, 2013).

Energia e Potencial de cada biomassa no ES Versus o Consumo Residencial (média 2001 a 2010)				
Tipo de Biomassa	Quantidade Produzida em [toneladas]	Energia por tipo de biomassa em [MWh]	Potencial por tipo de biomassa em [MW]	Equivale ao N° de Residências consumindo (280 KWh/mês)**
Lavoura Temporária				
Milho (casca) ton	106.443,7	13.924	1,4	1.036
Cana de açúcar ton	4.196.749,8	125.902	22,6	9.368
Lavoura Permanente				
Cacau (casca) ton	8.569,1	4.663	0,6	347
Café (casca) ton	607.802,9	67.969	8,2	5.057
Coco (casca) Mil frutos	160.663,0	38.308	4,4	2.850
Silviculturas				
Resíduos de Madeira em Tora, ton	1.707.189,3	674.935	81,1	50.218
Lenha, ton	104.144,7	45.049	5,4	3.552
Carvão, ton	39.869,3	35.938	4,3	2.674
Efluentes Animais (Cabeças)*				
Bovino	1.963.812,0	2.314.395	278,1	172.202
Equino, Asinino e Muar	89.143,3	163.549	19,7	12.169
Suíno	295.103,2	144.237	17,3	10.732
Caprino e Ovino	49.311,0	2.675	0,3	199
Ave	15.206.576,3	479.515	57,6	35.678
Efluentes Domésticos e Comerciais	3.392.775,0	64.310	18,5	4.785
Resíduos Sólidos Urbanos (Habitantes)	3.392.775,0	168.237	20,2	12.518
Biomassa Total		4.343.608	539,7	323.185

Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2009. * dados IBGE de 2000 a 2009. ** Considerado de 25% o rendimento do Grupo Motogerador.

Um levantamento mais recente da Associação Brasileira do Biogás (ABiogás), que apresenta Potencial brasileiro de biogás e biometano¹⁴, aponta que o ES tem um potencial de produção de 522 milhões m³/ano de biometano, sendo 91,7 milhões m³/ano relacionado ao setor sucroenergético, 3,7 milhões de m³/ano relacionado à produção agrícola, 390 milhões m³/ano relacionado a proteína animal e 36,6 milhões m³/ano relacionado ao setor de saneamento. Este volume de produção é equivalente a 1.962 GWh/ano. Como valor de referência para comparação o consumo anual médio de gás natural canalizado no ES (2016-2020) foi de 955,7 milhões de m³, de acordo com o Boletim do Gás Natural do Espírito Santo do segundo trimestre de 2021, publicado pela ARSP-ES¹⁵. Tais valores indicam um potencial bastante significativo de biogás/biometano no ES.

Entretanto convém ressaltar que as linhas de transporte e distribuição de gás natural no ES estão principalmente distribuídas no litoral do Estado, enquanto o principal potencial de geração de biogás está no interior do Estado, indicando um desafio significativo de infraestrutura para seu aproveitamento.

2.2.4.5 Hidrogênio

O Hidrogênio é indicado como um dos combustíveis mais relevantes nas rotas para neutralização das emissões de GEE. O hidrogênio pode ser utilizado diretamente como fonte de energia de baixo ou nulo carbono (a depender de seu processo de produção) nos setores em que a eletrificação é mais difícil e como forma para armazenamento de energia, viabilizando maior entrada de renováveis variáveis como eólica e solar. Neste último caso, a ideia central é usar energias renováveis para obter o hidrogênio, por meio da eletrólise da água, e posterior conversão do hidrogênio em eletricidade por meio de células combustíveis.

O potencial de emissão de GEE do hidrogênio depende significativamente do seu processo de produção, que pode possuir uma elevada emissão de CO₂ para atmosfera (hidrogênio produzido a partir de carvão mineral) ou uma emissão neutra quando o hidrogênio é obtido por meio da eletrólise da água empregando energias renováveis (hidrogênio verde). Em alguns casos, é possível associar a produção de hidrogênio à captura de carbono, gerando reduções das emissões de CO₂ para atmosfera (hidrogênio azul), ou uma emissão negativa, como na produção de hidrogênio a partir de biocombustíveis associada ao emprego de CCUS para captura do CO₂ resultante do processo (hidrogênio musgo).

¹⁴ Disponível em: <https://abiogas.org.br/potencial-de-biogas-no-brasil/>

¹⁵ Disponível em: https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/G%C3%A1s%20Natural/Boletim%20do%20G%C3%A1s/2021/BGN_2Tri2021.pdf

A forma de obtenção caracteriza a nomenclatura empregada para os diferentes tipos de hidrogênio, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Classificação dos principais tipos hidrogênio em escada de cores.

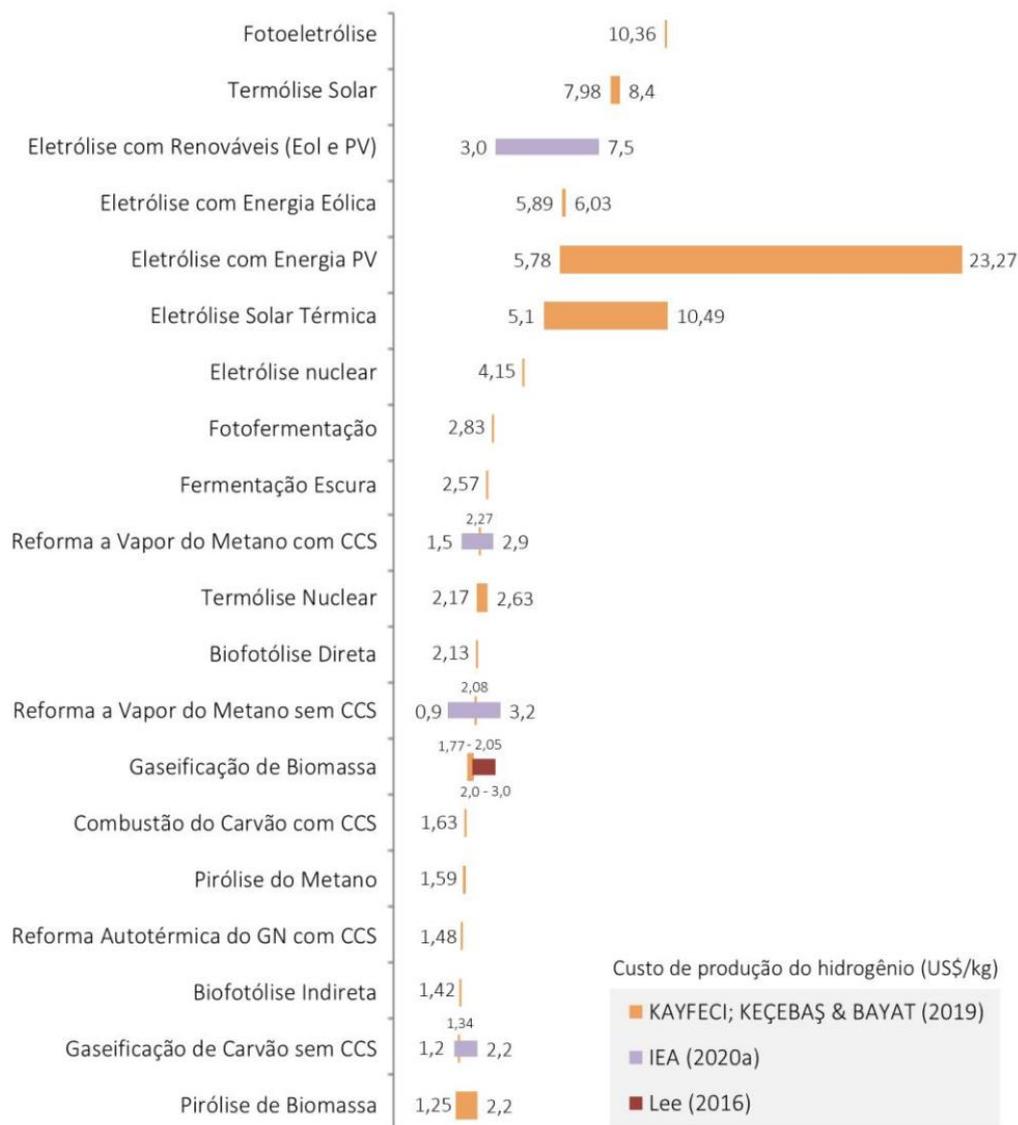
Classificação	Descrição
hidrogênio preto	produzido de carvão mineral (antracito) sem CCUS
hidrogênio marrom	produzido de carvão mineral (hulha), sem CCUS
hidrogênio cinza	produzido do gás natural sem CCUS
hidrogênio azul	produzido a partir de gás natural (eventualmente, também a partir de outros combustíveis fósseis) com CCUS*
hidrogênio turquesa	produzido por craqueamento térmico do metano, sem gerar CO ₂ *
hidrogênio verde	produzido a partir de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar) via eletrólise da água
hidrogênio musgo	produzido de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica**

* A produção de hidrogênio azul ou turquesa não pode ser considerada totalmente isenta de emissões, visto que existem emissões fugitivas significativas, principalmente no estágio atual de maturação da tecnologia.

** Produção de hidrogênio a partir de biocombustíveis associada ao emprego de CCUS para captura do CO₂ resultante do processo pode levar a emissão negativa.

O principal desafio na produção do hidrogênio está relacionado aos custos. A Figura 30 apresenta faixas de custos da produção de hidrogênio por cada tecnologia. É possível observar que, atualmente, os custos de geração de hidrogênio por fontes fósseis são menores que a eletrólise com geração elétrica renovável. Entretanto este panorama está mudando rapidamente com os esforços de ampliação do uso de hidrogênio, como apresentado nas curvas de projeção de custo do hidrogênio (EPE, 2021) da Figura 32.

Vários países anunciaram estratégias e políticas para o hidrogênio como mecanismo chave da transição energética. EUA, Japão e União Europeia (em particular Alemanha, França e Portugal) lançaram políticas estratégicas para amplificar seu uso, que vão desde injeção de hidrogênio verde na rede de gás natural até a construção de postos de abastecimento de hidrogênio, com a expectativa de acelerar as reduções de custos dessa rota tecnológica.



Densidade de energia do hidrogênio é igual a 33,6 kWh de energia utilizável por kg (RMI, 2019)

Figura 36. Faixas de custos da produção de hidrogênio. Fonte: EPE (2021).

No Brasil, o hidrogênio compõe a estratégia energética brasileira no Plano Nacional de Energia 2050, aprovado em dezembro de 2020 pelo Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2020). O PNE 2050 aponta o hidrogênio como uma tecnologia disruptiva, sendo descrito como elemento da estratégia de descarbonização da matriz energética, incluindo a inserção dos recursos energéticos distribuídos, busca por ampliação das formas de armazenamento e gestão da flexibilidade. O PNE 2050, também, cita o hidrogênio no setor de transportes e a inserção de veículos elétricos, com a perspectiva tecnológica da aplicação de células a combustível em combinação com a produção de hidrogênio a partir

de biocombustíveis e gás (gás natural e biometano). Além disso, o PNE 2050 também prevê a perspectiva de mistura de hidrogênio nas redes de gás natural, como forma de ampliação dos volumes de hidrogênio com fins energéticos e transição.

Saiba mais:

Hidrogênio – Estágio de desenvolvimento

É importante esclarecer que a composição e mapeamento da oferta e a demanda de hidrogênio ainda não estão totalmente configurados. Estudos e análises ainda estão em andamento. Por exemplo, uma das principais prováveis demandas por hidrogênio verde é um eventual uso como redutor no processo de fabricação do aço, porém estas tecnologias ainda estão sendo desenvolvidas e estão em estágio piloto de utilização, indicando que ainda falta uma base sólida para estabelecimento da demanda, no momento.

Além disso, o próprio modelo de oferta ainda está em discussão. Segundo o documento que descreve as Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio, construído pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), o modelo de negócios ainda deve ser decidido pelo mercado, visto que eletrolisadores ou reformadores podem ser instalados próximos ao local de abastecimento ou consumo. Desta forma, a decisão entre produção centralizada ou distribuída do hidrogênio pode contornar a inexistência de uma rede de transporte e de distribuição.

Neste quesito a SIEMENS ENERGY, publicou recentemente um relatório sobre a conversão de redes de gás natural para transporte de hidrogênio (SIEMENS ENERGY, 2020) indicando que, uma vez que as propriedades físicas e químicas do hidrogênio diferem significativamente das do gás natural, não é possível simplesmente trocar gás natural por hidrogênio no sistema existente. Um fator limitante é a durabilidade dos dutos existentes, que em alguns casos podem se degradar quando expostos ao hidrogênio por longos períodos. O efeito é altamente dependente do tipo de aço e deve ser avaliado caso a caso. O custo das modificações é significativamente inferior ao custo de construção de uma rede nova, com um investimento estimado de 10-15% do custo de uma nova construção. Além disso, as tecnologias para converter a infraestrutura de gás para operação de hidrogênio já estão amplamente disponíveis. Alternativamente, uma possibilidade para expandir rapidamente a infraestrutura de entrega de hidrogênio é adaptar parte da infraestrutura de entrega de gás natural para acomodar o hidrogênio, que tem sido apontada por EUA e EU. A conversão de gasodutos para transportar uma mistura de gás natural e hidrogênio (até cerca de 15% de hidrogênio) pode exigir apenas modificações modestas no gasoduto.

Saiba mais sobre este tema em:

- Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio – EPE
[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20(1).pdf)
- Hydrogen infrastructure – the pillar of energy transition: The practical Conversion of long-distance gas networks to hydrogen operation - SIEMENS ENERGY
https://assets.siemens-energy.com/siemens/assets/api/uuid:3d4339dc-434e-4692-81a0-a55adbcaa92e/200915-whitepaper-h2-infrastructure-en.pdf?ste_sid=5b92b921fa7994a7e67b4514564f2b8c.

A nota técnica “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio” (EPE, 2021) produzida pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, aponta que:

“... o Brasil deve abraçar as oportunidades de desenvolvimento das diversas tecnologias de produção e uso do hidrogênio, inclusive o hidrogênio “verde”, no qual pode ser bastante competitivo, mas não se limitando exclusivamente a este. Essa abordagem se mostra como a mais consistente e promissora para viabilizar uma trajetória de descarbonização profunda dos sistemas energéticos, acelerando a formação de mercados, evitando trancamentos tecnológicos e tirando proveito da diversidade de recursos energéticos do país.” – p.28

Saiba mais:

Hidrogênio – Custos e investimentos



A economia de hidrogênio está em estágio inicial de desenvolvimento e, assim, seu sucesso dependerá da ação conjunta entre as iniciativas pública e privada. A regulação do setor é um ponto importante para estimular novos projetos. No caso do Brasil, além do recém-lançado Plano Nacional do Hidrogênio (PNH2), vários governos estaduais, como os do Ceará, do Rio Grande do Norte e de Minas Gerais, têm anunciado o desenvolvimento de estratégias para atração de investimentos no setor de produção de Hidrogênio Verde (H2V).

Segundo relatório do IPEA (IPEA, 2022) sobre o Panorama do Hidrogênio no Brasil, os custos de transporte e armazenamento desempenharão um papel significativo na competitividade. Se o H2V puder ser usado perto de onde é produzido, esses custos podem ser próximos de zero. Contudo, se o H2V tiver que percorrer um longo caminho antes de poder ser usado, os custos de transporte podem ser três vezes superiores aos custos de produção.

O relatório também indica que existem 23 complexos offshore com processos abertos de licenciamento no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que totalizam 46,6 GW de potência instalada. Os portos com eólicas offshore são modelos preferidos para Hidrogênio no Brasil, pois os clusters industriais costeiros podem ser portais para a construção de hubs de hidrogênio. Em 2020, foi anunciado o primeiro hub de H2V do Brasil, no Ceará. O projeto tem uma meta de produzir 900 mil toneladas de H2V por ano a partir de capacidade de eletrólise de 5 GW

Os investimentos já anunciados para construção de usinas produtoras de H2V no Brasil chegam a mais de US\$ 27 bilhões, a maioria concentrados em portos – Pecém (CE), Suape (PE) e Açú (RJ).

Saiba mais sobre este tema em:

- Panorama do Hidrogênio no Brasil – IPEA
https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf
- Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro – Energy Partnership German-Brazilian
https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf

Para o ES o hidrogênio é muito relevante por 3 fatores principais:

1. O potencial eólico *offshore* do ES pode ser empregado como importante fonte de energia para a produção do hidrogênio verde. De fato, conforme veiculado na mídia especializada, a empresa canadense *AmmPower* já assinou um Memorando de Entendimento com o Porto Central (projeto no sul do ES) para a instalação de uma unidade de produção, armazenamento e distribuição de amônia verde, produzida a partir do hidrogênio verde. Os empreendimentos eólicos *offshore* em licenciamento na região, conforme descrito na Seção 2.2.4.1, são bastante relevantes neste contexto.
2. Uma das principais atividades industriais do Estado é a produção do aço, para a qual uma das principais vias de neutralização das emissões de GEE é a utilização de processos de redução direta baseados em hidrogênio. De fato, a empresa ArcelorMittal já sinalizou o emprego de hidrogênio verde como solução relevante para a neutralização de suas emissões, caracterizando uma demanda futura extremamente importante para a região, a partir do momento em que as tecnologias disruptivas, baseadas em utilização do hidrogênio como agente redutor, evoluírem mundialmente das etapas piloto para escaláveis em termos de mercado e produção.
3. Potencial de gás natural do Estado que pode viabilizar a produção de hidrogênio azul ou turquesa. Entretanto, é necessário destacar que a produção de hidrogênio azul ou turquesa não pode ser considerada totalmente isenta de emissões de CO₂, visto que existem emissões fugitivas significativas, principalmente no estágio atual da tecnologia.

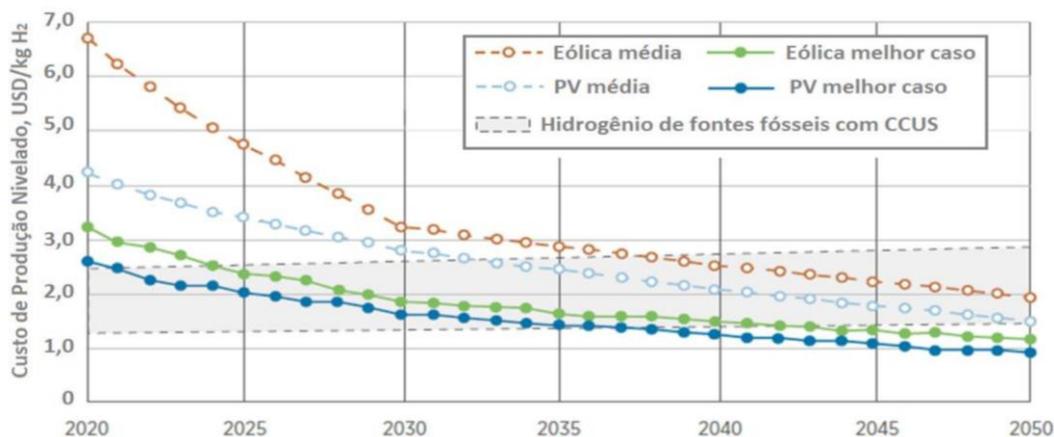


Figura 37. Curvas de projeção de custo do hidrogênio. Fonte: EPE (2021).

Outras formas de energias renováveis, disponíveis no ES, podem ser empregadas para produção de hidrogênio verde, como solar e biomassa, principalmente. O hidrogênio é uma rota tecnológica bastante relevante para o ES, principalmente quando levada em conta as condições de demanda já identificada, potencial de produção e projetos já anunciados.

2.4 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE DO ES

Atualmente estão disponíveis 2 inventários gerais de emissões de gases de efeito estufa com separação por estado: o Inventário Nacional de Emissões do Sistema de Registro Nacional de Emissões - SIRENE (MCTI, 2021), construído pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; e o Inventário do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases do Efeito Estufa (SEEG), mantido pelo Observatório do Clima¹⁶ (OC, 2021). Ambos os sistemas contam com estimativa estaduais de emissão por setor (Energia, Indústria, Resíduos e AFOLU – Agropecuária, Floresta e Mudança do Uso do solo), com cálculos baseados nas formulações indicadas pelo IPCC. Tais inventários são razoavelmente completos e atualizados, servindo como ponto de partida adequado para identificação de estratégias estaduais e nacionais de mitigação.

É importante ressaltar que os inventários devem ser refinados, revalidados e baseados em uma metodologia comum e de referência internacional. De fato, o emprego de dados locais para o refinamento do inventário pode melhorar sua precisão de maneira bastante significativa. Neste contexto, a confecção de um inventário estadual de emissões, incluindo informações mais detalhadas do Estado, já está em andamento como parte das ações previstas no Plano Estadual de Mudanças Climáticas. Ao passo que novas e mais detalhadas informações sobre as emissões do ES são disponibilizadas, estas são gradualmente incorporadas ao Plano de Neutralização das emissões de GEE do ES.

¹⁶ O Observatório do Clima é uma rede de organizações não governamentais dedicada ao estudo e discussão das mudanças climáticas no Brasil.



SEEG

O inventário de emissões de GEE do SEEG foi elaborado por uma equipe de profissionais especializados seguindo metodologia publicada em Azevedo et al. (2018) (detalhamento também disponível em <http://seeg.eco.br/notas-metodologicas/>), observando as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) e a metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI).

Os resultados e base de dados do SEEG podem ser acessados livremente por meio eletrônico no endereço: <https://seeg.eco.br/>.

No presente diagnóstico, serão primariamente consideradas as estimativas de emissão de GEE do SEEG, complementadas pelas informações contidas no SIRENE. Esta seleção se deve ao fato de que o SEEG apresenta dados atualizados por estados e municípios até 2020, enquanto o SIRENE apresenta somente dados até 2016. Para fins do presente diagnóstico, será considerada a emissão agregada de todos os gases de efeito estufa contemplados nos Inventários Brasileiros, convertidos em equivalente de dióxido de carbono (CO₂e) utilizando-se os fatores de aquecimento global (GWP) definidos no 5th Assessment Report do IPCC (AR5).

Atividades que ocorrem dentro de uma região ou estado podem gerar emissões de GEE que ocorrem dentro de seus limites geográficos, bem como fora de seus limites. Para distingui-los, os protocolos para cálculo de emissões (Programa Brasileiro GHG, 2011 e C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014) agrupam as emissões em três categorias com base em onde ocorrem: emissões de escopo 1, escopo 2 ou escopo 3.

As definições são fornecidas na Tabela 8, com base em uma adaptação do framework de escopos utilizado no GHG Protocolo Padrão Corporativo (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014). O GPC distingue entre emissões que fisicamente ocorrem dentro dos limites geográficos da região (escopo 1), daquelas que ocorrem fora da região, mas são impulsionados por atividades que ocorrem dentro dos limites geográficos da região (escopo 3), e daquelas que ocorrem a partir do uso de eletricidade, vapor e/ou aquecimento/resfriamento fornecidos por grids externos (escopo 2). As emissões do escopo 1 também podem ser chamadas de emissões “territoriais”, porque são produzidos exclusivamente dentro do território definido pela fronteira geográfica.

Tabela 8. Definições de escopos para inventários regionais. Fonte: (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014).

Escopo	Definição
Escopo 1	Emissões de GEE de fontes localizadas dentro dos limites geográficos da região
Escopo 2	Emissões de GEE que ocorrem como consequência de o uso de eletricidade fornecida pela rede, calor, vapor e/ou resfriamento dentro dos limites geográficos da região
Escopo 3	Todas as outras emissões de GEE que ocorrem fora os limites da cidade como resultado de atividades ocorrendo dentro dos limites geográficos da região

A Figura 38 ilustra quais fontes de emissão ocorrem exclusivamente dentro do limite geográfico estabelecido para o inventário, quais ocorrem fora do limite geográfico, e quais podem ocorrer através da fronteira geográfica. Enquanto as emissões de escopo 1 e 2 são mais facilmente calculadas, visto que são baseadas nas emissões diretas e no consumo de eletricidade importada pelo Estado, as emissões do escopo 3 são de quantificação mais complexa pois envolvem a análise das cadeias produtivas e de suprimentos do ES de maneira mais aprofundada e detalhada. Neste contexto, o inventário de emissões baseia-se apenas nas emissões de escopo 1 e 2.

Os inventários do SEEG e do SIRENE consideram apenas as emissões escopo 1 dos estados e municípios. Uma vez que o Espírito Santo consome mais eletricidade do que o total produzido no Estado, é necessário adicionar as emissões diretas relacionadas ao consumo líquido de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN), as quais serão aqui identificadas por emissões associadas a Eletricidade-Escopo 2. Da maneira considerada neste plano, essas emissões serão calculadas com base na diferença entre o consumo total de eletricidade do Estado e a produção total de eletricidade no território capixaba (reportados no Balanço Energético do Espírito Santo - BEES), utilizando-se fatores de emissão (ton CO₂e/MWh) específicos recomendados pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (MCTI, 2021b).



Figura 38. Escopos e fontes de emissão no método GPC. Fonte: Prefeitura de São Paulo (2021), adaptado de Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories, GPC (C40 Cities, ICLEI, WRI, 2014).

De acordo com o SEEG, as emissões brutas de GEE do Espírito Santo (escopo 1) no ano de 2020 totalizaram 30.305.600 ton CO₂e. Descontando-se as remoções de GEE, as emissões líquidas do Estado (escopo 1) nesse mesmo ano foram de 28.600.030 ton CO₂e. No ano de 2020, as emissões associadas a Eletricidade-Escopo 2 foram de 375.199 ton CO₂e, correspondendo a 1.2% do total de emissões do Estado. De modo geral, as emissões por Eletricidade-Escopo 2 representam uma parcela pequena do total de emissões do Estado (variando de 0.6% a 2.4% entre 2008 e 2020).

A Figura 39 apresenta a evolução das emissões brutas de GEE do Espírito Santo, por setor fonte, de 1990 a 2020. Pode-se observar um aumento expressivo das emissões de GEE entre 2008 e 2015, majoritariamente nos setores de Resíduos, Energia e Processos Industriais. Em anos mais recentes (2016 a 2020), houve uma leve queda nas emissões de GEE, observada em todos os setores, exceto Resíduos.

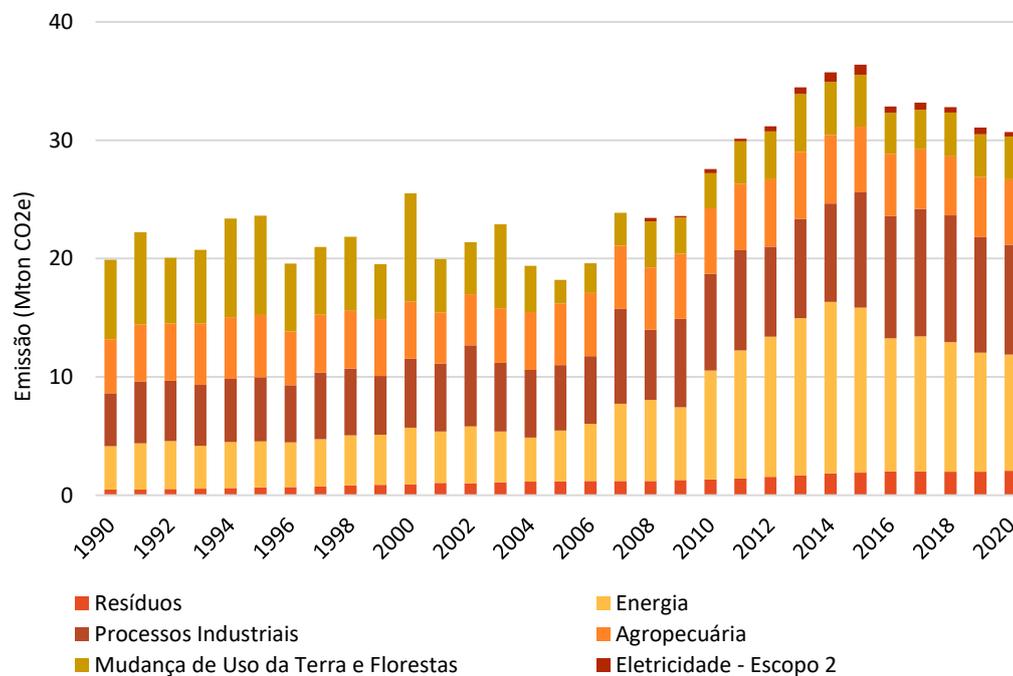


Figura 39. Evolução das emissões brutas de GEE do Espírito Santo, por setor fonte, de 1990 a 2020, exceto para Eletricidade – Escopo 2 (2008-2020). Fonte: SEEG.

As emissões brutas de GEE do Espírito Santo corresponderam a 1,4% das emissões do Brasil, em 2020. A Figura 40 mostra a contribuição percentual de cada setor para as emissões do ES e Brasil. Pode-se observar que a composição das emissões do Espírito Santo é significativamente diferente das emissões do Brasil. No Brasil a contribuição das emissões do setor de Mudanças do Uso da Terra e Florestas é bastante acentuada (46%), devido principalmente ao desmatamento na região amazônica. No Espírito Santo a contribuição das emissões do setor de Mudanças do Uso da Terra e Florestas não é tão acentuada (12%). As principais contribuições para as emissões de GEE no ES vêm dos setores Processos Industriais (31%) e Energia (32%).

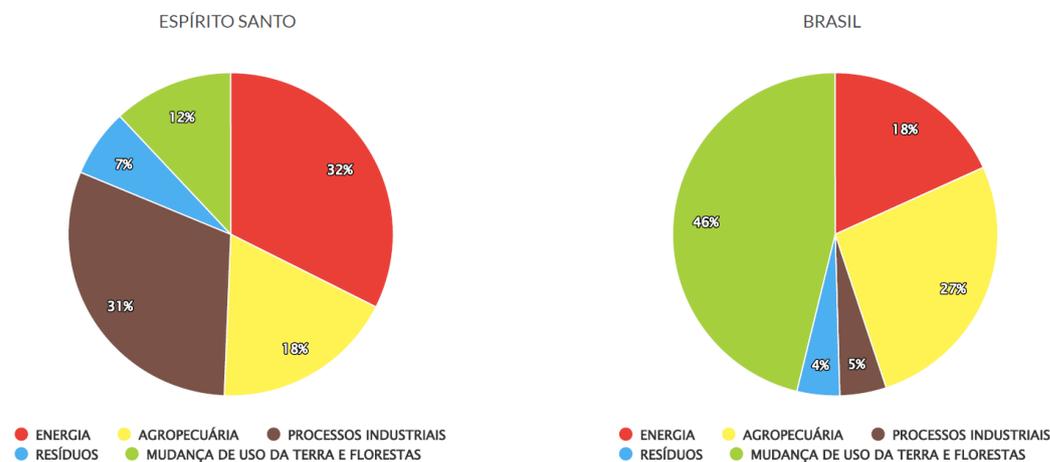


Figura 40. Participação relativa dos setores fonte nas emissões de GEE do Espírito Santo e do Brasil (escopo 1), no ano de 2020. Fonte: SEEG.

Ao observar as emissões agrupadas do setor AFOLU (Agropecuária + Mudanças do Uso da Terra e Florestas) percebe-se que este grupo responde por 73% das emissões brasileiras, mas apenas 30% das emissões do ES. O perfil das contribuições para emissões do ES possui mais similaridades com outros estados da região Sudeste do que com os perfis de emissões de toda a Federação. Este fator evidencia as particularidades dos desafios regionais que devem ser enfrentados pelos estados. De fato, o perfil de contribuições para as emissões do ES é quase que dividido igualmente entre 3 setores, Processos Industriais, Energia e AFOLU, com um pouco mais de 30% em cada setor, e o restante das emissões correspondentes ao setor de Resíduos. Também é importante enfatizar que as remoções de GEE do ES, no valor de 1.705.570 ton CO₂e, estão somente relacionadas ao setor AFOLU.

A Figura 41 apresenta uma comparação da emissão per capita de GEE do ES com outras regiões do mundo, empregando os dados disponibilizado pelo IPCC (IPCC, 2022). Em termos de emissões de GEE per capita ocorridas no Espírito Santo, no ano de 2020, as emissões bruta e líquida foram 7.55 e 7.13 ton CO₂e per capita, respectivamente. Esses valores são aproximadamente equivalentes às emissões europeias e menores que as emissões líquidas de GEE médias de outras regiões em desenvolvimento, tais como América Latina e Caribe e Leste Asiático, e significativamente inferiores às emissões per capita dos Estados Unidos.

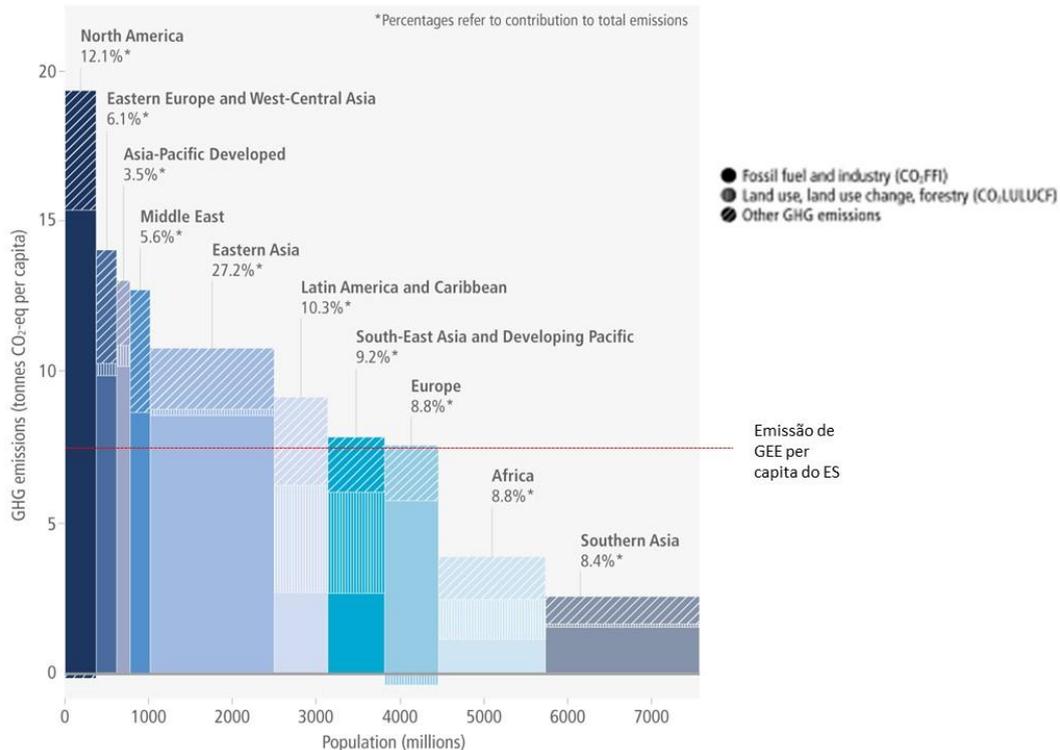


Figura 41. Comparação da emissão per capita de GEE do ES com outras regiões do mundo. Fonte: Adaptado de IPCC (2022).

A Tabela 9 mostra os dados de emissão e a participação % dos setores na emissão bruta e líquida do ES. É possível notar que o setor AFOLU, responsável por 30% das emissões brutas, tem sua contribuição líquida reduzida para 26%, quando são consideradas as remoções de carbono do setor. É importante enfatizar o potencial do ES para processos de remoção de grandes quantidades de GEE da atmosfera no setor de AFOLU, principalmente ligado ao reflorestamento e preservação florestal, podendo atuar como uma importante fonte de compensação das emissões.

As próximas seções apresentam o detalhamento das emissões por setor. As emissões brutas e remoções são apresentadas separadamente para permitir a análise do impacto dos processos de remoção e subsidiar a identificação das melhores e mais adequadas estratégias para a neutralização das emissões de GEE do ES.

Tabela 9. Emissão [Mton CO₂e] e a participação % dos setores na emissão bruta e líquida do ES.

Fonte de dados: SEEG.

Setor	Emissões Brutas		Remoções	Emissões Líquidas	
	Mton CO ₂ e	%		Mton CO ₂ e	Mton CO ₂ e
AFOLU	9,18	30%	1,71	7,48	26%
Energia	9,83	32%	–	9,83	34%
Processos Industriais	9,29	30%	–	9,29	32%
Eletricidade - Escopo 2	0,38	1%	–	0,38	1%
Resíduos	2,05	7%	–	2,05	7%
Total	30,73	100%	1,71	29,03	100%

2.4.1 AFOLU

Conforme citado anteriormente, as emissões brutas do setor AFOLU equivalem a 9,18 MtonCO₂e, dos quais 5,56 MtonCO₂e são do setor Agropecuária e 3,62 MtonCO₂e do setor de Florestas e Mudança do Uso do Solo. Na Figura 42, que apresenta os dados de emissão bruta para o setor Agropecuária, pode-se observar que as principais emissões estão relacionadas à pecuária bovina, mais especificamente o gado de corte e gado de leite, com 60% e 14% de participação na contribuição do setor, respectivamente. A seguir aparecem as contribuições de fertilizantes sintéticos e uso de calcário, com 8% e 6% de participação na contribuição do setor, respectivamente. O restante das atividades contribui para 11% das emissões do setor.

Para o setor Agropecuário é importante ressaltar que o Inventário Nacional não inclui as emissões/remoções devido a retenção de carbono no solo. Segundo o SEEG:

"A variação nos estoques de carbono do solo se refere as emissões e remoções de CO₂ da matéria orgânica do solo. Essa variação, no entanto, não é reportada nos inventários nacionais devido à dificuldade em se obter os dados de atividade e fatores de emissão e remoção de CO₂ para a efetuação desse cálculo, assim como a fatores ligados ao aspecto de permanência (IPCC, 2006).

Entretanto, devido a sua importância no balanço das emissões de GEE do Setor de Agropecuária e ao fato de o êxito da NDC Brasileira para esse setor estar ligado ao aspecto do sequestro de carbono nos solos (remoção de CO₂) (Brasil, 2015), o SEEG desde sua quarta versão fez o exercício de se calcular essa variação para os solos utilizados pela agropecuária brasileira. Entretanto, os resultados foram categorizados como Não Contabilizados no Inventário Nacional (NCI)." (p. 50)

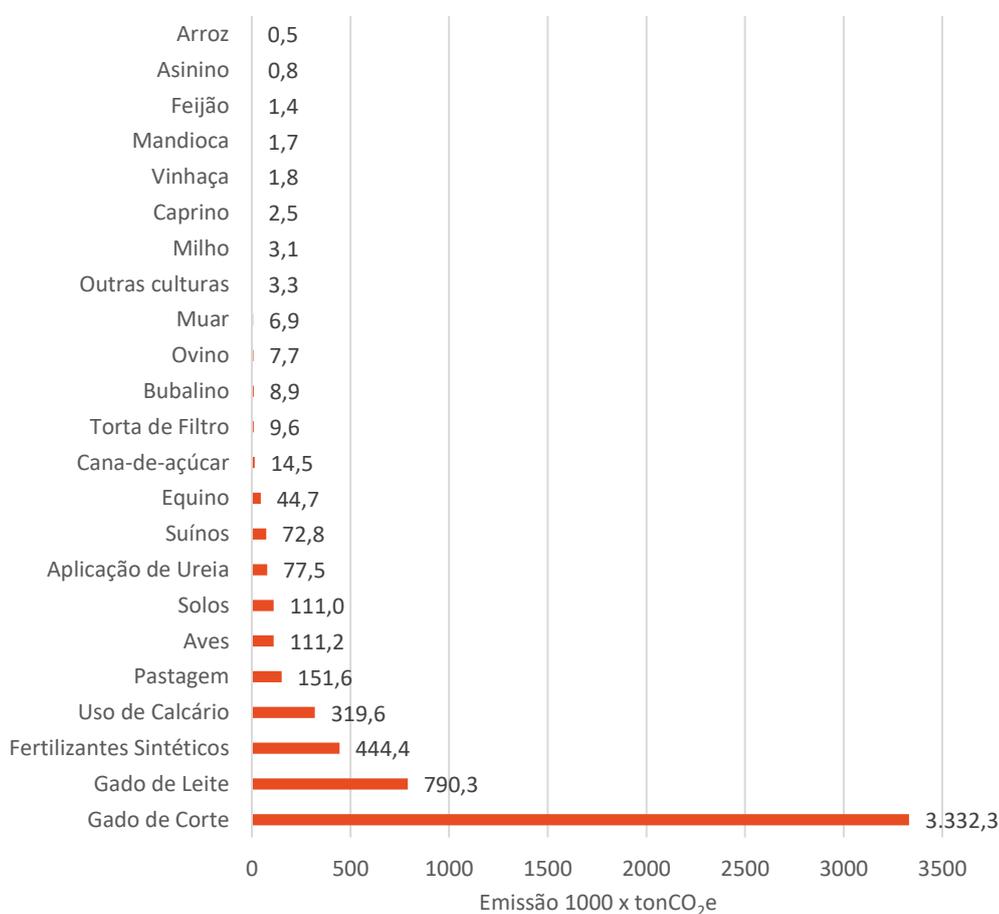


Figura 42. Emissões do setor Agropecuário em 2020. Fonte: SEEG.

Tais emissões/remoções NCI alteram consideravelmente o balanço líquido das emissões do setor Pecuária, que possui remoções NCI líquidas de 626.279 tonCO₂e (- 1.225.309 tonCO₂e por remoções em pastagens bem manejada + 599.030 tonCO₂e por emissões em pastagens degradadas), reduzindo as emissões líquidas de 4,12 Mton CO₂e para 3,49 tonCO₂e, ou seja, uma redução percentual de aproximadamente 15%. A Tabela 10 mostra o valor das emissões/remoções NCI. Este fator ressalta a importância de 2 quesitos extremamente relevantes, são eles: o correto manejo da pastagem como fator crítico para as emissões de CO₂ para atmosfera; e a necessidade de dados adequados para permitir a inclusão de tais

valores nos inventários nacionais. Adicionalmente, pode-se observar o potencial significativo de Sistemas Integrados Lavoura-Pecuária-Floresta.

Tabela 10. Emissão/Redução Não Contabilizada no Inventário Nacional (NCI) em 2020.

Emissão/Redução Não Contabilizada no Inventário Nacional (NCI)	Emissão [ton CO ₂ e]	Remoção [ton CO ₂ e]
Pastagem Degradada	599.030	–
Pastagem Bem Manejada	–	- 1.225.309
Florestas Plantadas	–	- 141.356
Sistemas Integrados Lavoura-Pecuária-Floresta	–	- 521.325
Total		- 1.288.960

Em 2020, as emissões de Florestas e Mudança do Uso do Solo corresponderam a 3.617.248 tonCO₂e, sendo 94% referentes a alteração do uso do solo e 6% a resíduos florestais. Por outro lado, este setor removeu 1.705.570 tonCO₂e, com destaque ao papel das florestas secundárias, de modo que o saldo líquido de emissão foi de 1.911.678 tonCO₂e. Na Tabela 11 são apresentados os dados de emissão e remoção de carbono de Florestas e Mudança do Uso do Solo em 2020 no Estado do ES.

Considerando as emissões/reduções devidas à variação nos estoques de carbono do solo (NCI) e as remoções devidas a Florestas e Mudança do Uso do Solo, existe um saldo líquido de remoções igual a 2.99 tonCO₂e, que corresponde a uma redução de emissões de 9,18 MtonCO₂e para 6,19 MtonCO₂e, ou seja, uma redução de 33% das emissões. Estes números ressaltam a importância de três estratégias relevantes para o setor: Pastagens Bem Manejadas, Sistemas Integrados Lavoura-Pecuária-Floresta e Recuperação/Manutenção Florestal. Conforme citado anteriormente, estes números indicam o potencial de transformar o setor AFOLU em uma grande fonte de compensações de emissão não apenas para o setor AFOLU, mas para todos os setores do ES. Estes aspectos serão discutidos mais detalhadamente no próximo capítulo, que trata do planejamento das estratégias para neutralização das emissões de GEE para cada setor.

Tabela 11. Dados de emissão e remoção de carbono de Florestas e Mudança do Uso do Solo, em 2020, no ES. Fonte: SEEG.

Emissão de carbono	Valor emitido em tonCO₂e
Alteração do uso do solo	3.415.114
Resíduos florestais	202.134
Total emitido	3.617.248

Remoção de carbono (sequestro)	Valor sequestrado em tonCO₂e
Áreas protegidas	- 111.381
Mudanças do uso do solo	- 120.873
Vegetação secundária	- 1.471.316
Total removido	- 1.705.570

2.4.2 Energia

Conforme citado anteriormente, as emissões brutas diretas do setor Energia equivalem a 9,83 MtonCO₂e, em 2020, estando relacionadas à queima de combustíveis e emissões fugitivas na produção de combustíveis para as diversas atividades da economia do ES. No ano de 2020, as emissões associadas à Importação de Eletricidade (Escopo 2) foram de 0,38 Mton CO₂e. Quando somadas as emissões escopo 1 e 2, totalizou-se uma emissão do setor de Energia no ES de 10,20 MtonCO₂e, (33% das emissões totais de GEE do ES). A Figura 43 apresenta as emissões de GEE do setor Energia para as diversas atividades no ES, em 2020. É possível observar que a atividade com maiores emissões é Transportes, sendo responsável por 38,2% das emissões do setor. A seguir aparecem as contribuições da Exploração de Petróleo e Gás Natural (28,8%), Indústria (14,3%), Geração de Eletricidade (9,9%) e Residencial (4,0%). As emissões associadas à Importação de Eletricidade (Escopo 2) correspondem a somente 3,7% das emissões do setor de Energia. Os demais setores são responsáveis por apenas 1,2% das emissões do setor de Energia.

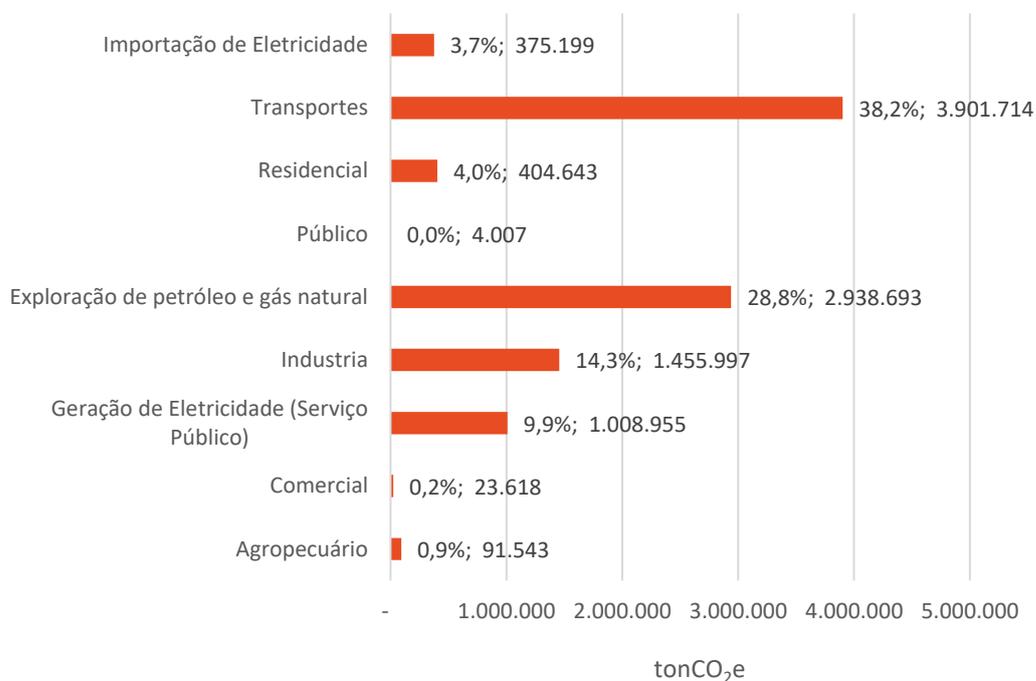


Figura 43. Emissões de GEE relacionadas à queima de combustíveis e emissões fugitivas na produção de energia para as atividades do ES e Importação de Energia Elétrica. Fonte: SEEG e SIN.

Intrinsicamente, o setor de Energia é ligado a uma série de atividades econômicas de relevância para o Estado, tanto por meio de consumo direto de combustíveis (em atividades industriais, agropecuárias e de transportes, por exemplo), como emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás, ou consumo indireto de energia combustível transformada em energia elétrica.

A seguir, são discutidos os subsetores com maiores emissões de GEE no Estado.

2.4.2.1 Transportes

Mundialmente, o setor de Transportes é um dos principais geradores de GEE. No Brasil, com grande parte da matriz energética sendo oriunda da geração de energia hidroelétrica, esta contribuição torna-se ainda mais relevante. Conforme discutido anteriormente, o subsetor de Transportes é o principal responsável pelas emissões dentro do setor Energia no ES.

A Figura 44 apresenta a emissão de CO₂e por combustível utilizado no setor de Transportes do ES. Pode-se perceber que o diesel e a gasolina automotiva têm a maior participação no total de emissões do setor. O diesel é utilizado principalmente pelos caminhões, ônibus e locomotivas. A gasolina é principalmente utilizada pelos veículos leves. Em 2020, o

consumo de diesel e o de gasolina emitiram, respectivamente, 2.220.610,2 e 1.536.671,8 tCO₂e, representando, respectivamente, 57,48% e 37,39% das emissões do setor de Transporte no Estado. Vale destacar que analisando o período de 2009 a 2020, a participação das emissões do diesel vem caindo ano a ano e a participação da gasolina tem sido crescente durante os anos. Os outros combustíveis têm uma participação muito pequenas nas emissões totais do setor de Transportes. Este crescimento das emissões sugere um maior uso da frota de automóveis em detrimento ao uso do transporte coletivo, corroborando com os dados das Figura 21 e Figura 23, que apresentam um crescimento da frota, sobretudo, de carro e motos, e uma maior taxa de motorização. Assim sendo, estes resultados sinalizam que medidas que possam incentivar o uso do transporte coletivo em substituição ao transporte particular são importantes para se reduzir as emissões do setor de Transportes.

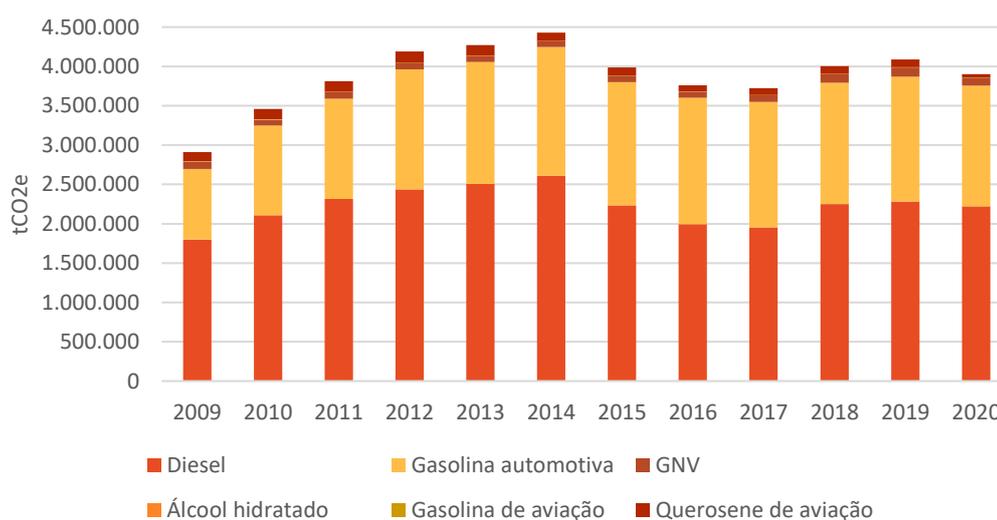


Figura 44. Emissão de CO₂e por combustível utilizado no setor de Transportes do ES. Fonte: adaptado de SEEG (2022).

A Figura 45 apresenta as emissões de CO₂e por combustível utilizado em cada modo de transportes (aeroviário, rodoviário, ferroviário e hidroviário), em 2020. É possível notar que o diesel e a gasolina utilizados no modo rodoviário representam a maior parcela das emissões do setor de Transportes. A maior parte das emissões referentes a diesel ocorrem no modo rodoviário (90%), 10% das emissões correspondem a modo ferroviário e apenas 1% ao modo hidroviário. Por outro lado, a gasolina está 100% ligada ao modo rodoviário. De fato, o modo rodoviário é responsável por 93% das emissões de Transportes.

Apesar de valores bem inferiores às emissões de diesel no modo rodoviário, atenção deve ser dada ao diesel utilizado no modo ferroviário, que representa em média 7,3% das emissões provenientes de diesel no período analisado. Basicamente, o diesel utilizado no modo ferroviário é consumido pelas locomotivas da Estrada de Ferro Vitória a Minas

(EFVM). Novamente, convém ressaltar que a empresa Vale já possui plano específicos de neutralização completa de suas emissões de GEE até 2050.

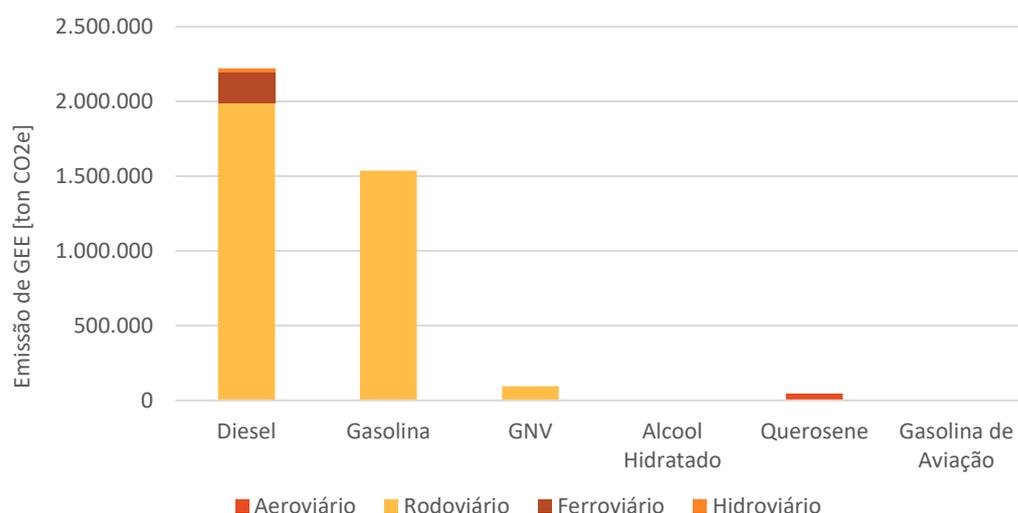


Figura 45. Emissão de CO₂e por combustível utilizado em cada subsetor de transportes (aeroviário, rodoviário, ferroviário e hidroviário), em 2020. Fonte: adaptado de SEEG.

A Tabela 12 apresenta as emissões das funções do transporte (tonCO₂e) e sua participação % nas emissões do setor, em 2020. Pode-se notar que a função transporte de carga é a mais expressiva, perfazendo um total de 51,5% das emissões do setor de Transportes, em que os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário participam, respectivamente, com cerca de 45,5%, 5,4% e 0,6% do total das emissões do setor.

O transporte particular, que eminentemente é realizado por carros e motos, representa 38,4% do total das emissões do setor, número importante. Por outro lado, o transporte coletivo de passageiros no modo rodoviário representa 8,9% das emissões do setor de Transportes no ES, um valor baixo em relação às outras funções, o que corrobora mais uma vez para se buscar estratégias de atrair os passageiros de viagens particulares para o transporte coletivo. No cômputo das emissões por passageiro transportado, o transporte coletivo apresenta valores bem inferiores ao transporte particular (que em sua maioria transporta somente uma pessoa por veículo).

As taxas de emissão de cada setor são uma importante fonte de informações para a seleção de estratégias de mitigação das emissões. Por exemplo, a relevância do transporte particular nas emissões pode sugerir políticas de fomento à ampliação do transporte coletivo e à eletrificação da frota de veículos leves, que representam trajetórias que estão sendo seguidas em diversos países. Ao mesmo tempo, a importância das contribuições das emissões de diesel e gasolina para as emissões totais do setor sugere que rotas relevantes

para a minimização das emissões considerem a utilização de biocombustíveis (álcool hidratado, biodiesel, diesel verde – HVO e outros), que têm sido rotas relevantes apontadas na estratégia energética brasileira no Plano Nacional de Energia 2050, aprovado em dezembro de 2020 pelo Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2020). Entretanto o uso intensivo de tais tecnologias ainda requer a superação de algumas barreiras econômicas e tecnológicas, que serão abordadas no próximo capítulo.

Tabela 12. Emissões das funções do transporte (tonCO_{2e}) e sua participação % nas emissões no setor de transporte no Estado do ES, em 2020. Fonte SEEG. Fonte: adaptado de SEEG.

Função	Modo	Emissão tonCO _{2e}	%
Transporte Coletivo	Aéreo	47.421,40	1%
	Rodoviário	347.808,20	9%
Transporte Particular	Rodoviário	1.498.389,40	38%
Transporte Carga	Ferrovário	210.614,70	5%
	Hidroviário	21.970,30	1%
	Rodoviário	1.775.510,10	46%

2.4.2.2 Produção de Combustíveis

O subsetor de Produção de Combustíveis é uma das maiores fontes de emissão de GEE do Estado. No contexto do Espírito Santo, esse subsetor é inteiramente composto pelas atividades de exploração de petróleo e gás natural. A Figura 46 apresenta os tipos de atividades responsáveis pelas emissões desse subsetor, em 2020. Observa-se que as emissões fugitivas são muito importantes dentro da Produção de Combustíveis, o que representa um ponto desafiador, uma vez que muitas dessas emissões são de difícil controle, e mesmo sua quantificação apresenta grande incerteza (SEEG, 2021 – Nota Metodológica Setor de Energia). Por outro lado, boa parte das emissões de GEE resulta da queima de combustíveis, tanto para uso final energético, quanto para autoprodução de energia elétrica. Nesse caso, o combustível predominante utilizado é o gás natural úmido, além de uma parcela menor de diesel, significando que alternativas para a mitigação de emissões nessas atividades provavelmente dependerão de ações de eficiência. Paralelamente, o uso da tecnologia de CCUS tem potencial bastante significativo neste setor.

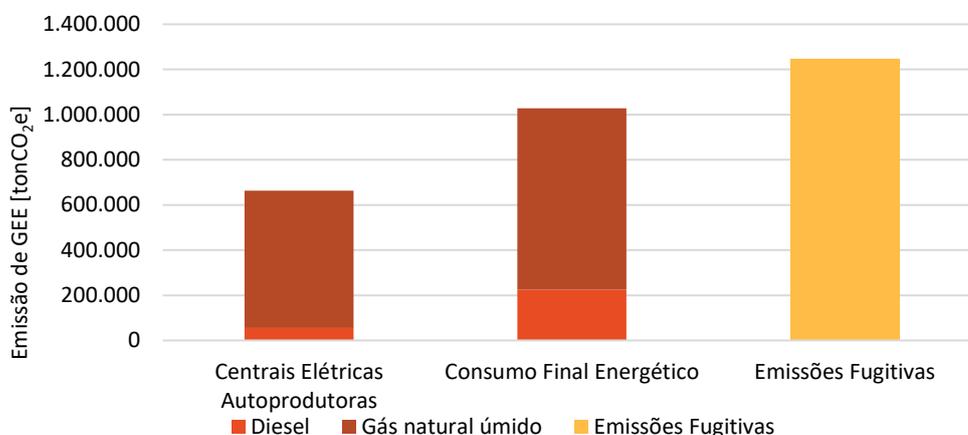


Figura 46. Emissões do subsetor Produção de Combustíveis do ES, em 2020, diferenciadas por atividade geradora e, no caso da queima de combustíveis, por combustível utilizado. Fonte de dados: SEEG.

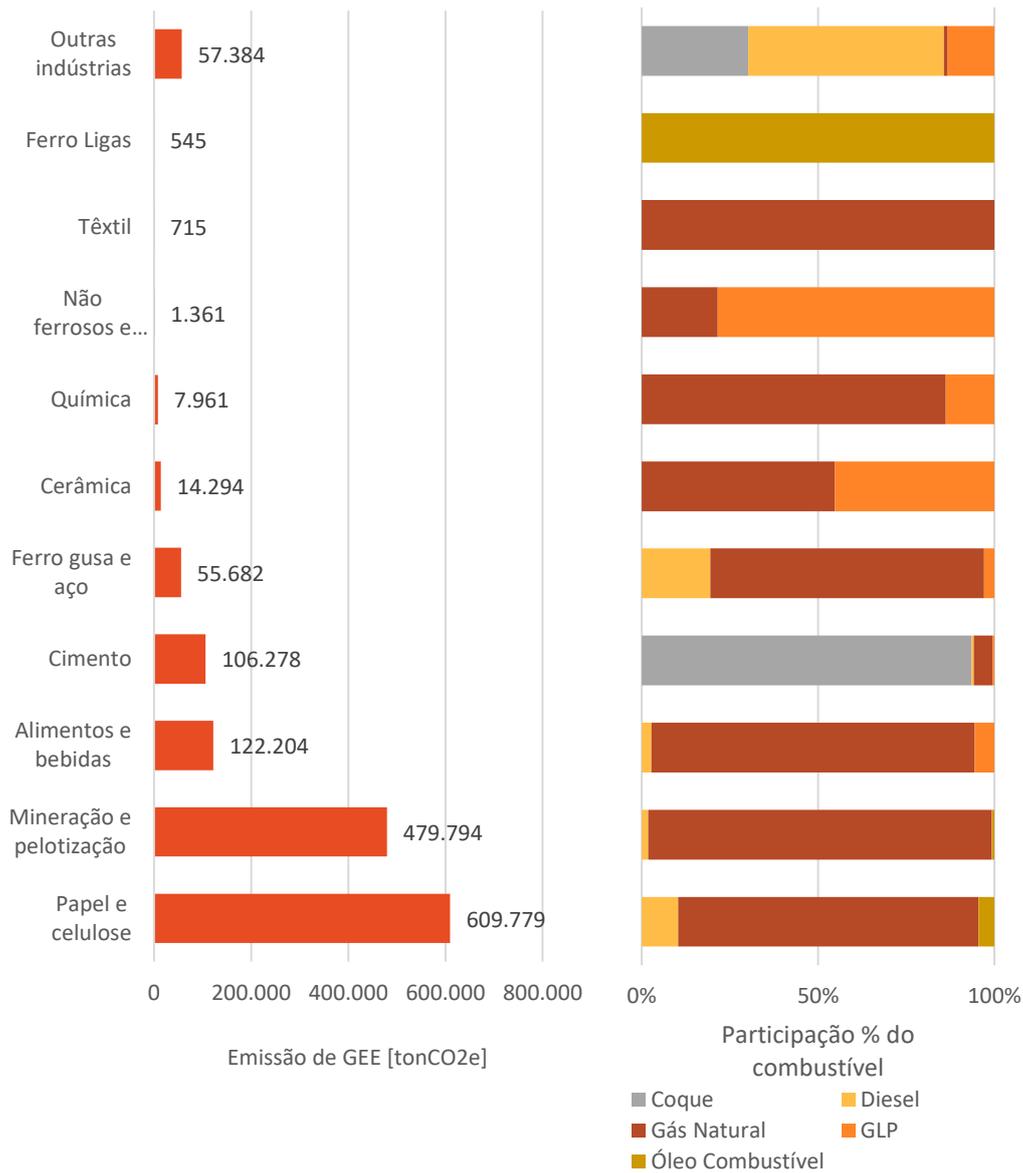
2.4.2.3 Indústria

Dentro do escopo do setor de Energia, são contadas como emissões do subsetor Indústria aquelas provenientes da queima de combustíveis fósseis para fins energéticos no âmbito direto de atividades industriais (exclui-se o uso de combustíveis como agentes redutores nos processos industriais¹⁷).

A Figura 47 apresenta as emissões de GEE relacionadas ao uso de energia por subsetor industrial, incluindo a participação percentual de cada combustível nas emissões do subsetor. Observa-se que os subsetores que respondem pela maior parte das emissões de GEE relacionadas ao uso de energia são Papel e Celulose (41,9%) e Mineração e Pelotização (32,9%), ambos majoritariamente devido à utilização de gás natural. A seguir aparecem os subsetores de Alimentos e Bebidas (8,4%), Cimento (7,3%) e Ferro Gusa (3,8%). Enquanto os subsetores de Alimentos e Bebidas e Ferro Gusa também apresentam utilização majoritária de gás natural, o subsetor de Cimento apresenta utilização majoritária de coque. Os demais subsetores industriais respondem por apenas 5,6% das emissões de GEE relacionadas ao uso de energia no setor industrial, com utilização de gás natural, GLP, coque, diesel e óleo combustível. Nota-se nos subsetores de menor participação uma maior utilização de diesel e óleo combustível. De fato, as emissões pela queima de óleo combustível nos últimos anos foram consideravelmente menores que as observadas em

¹⁷ No âmbito da metodologia indicada pelo IPCC (2016), o uso de combustíveis como agentes redutores nos processos industriais é computado diretamente como Processos Industriais.

2014 e 2015, indicando uma tendência de redução da dependência em relação ao uso de óleo combustível para geração de energia no ES.



(a) **(b)**
Figura 47. Emissões de GEE relacionadas ao uso de energia no setor Industrial: (a) por subsetor e (b) % participação de cada combustível nas emissões dos subsetores. Fonte de dados: SEEG.

A Figura 48 apresenta a contribuição % dos diferentes combustíveis utilizados para geração de energia no setor industrial. Pode-se observar que 80% das emissões relacionadas à geração de energia na indústria são relacionadas ao gás natural. Cerca de 12% das emissões estão relacionadas ao emprego de coque, diesel e óleo combustível, indicando que pode

haver algum benefício da migração de alguns setores para gás natural como rota de transição para energias menos emissoras de GEE. Entretanto é necessário destacar que o impacto desta substituição seria limitado, devido ao percentual já elevado de emprego do gás natural na geração de energia do ES. Em contrapartida, este elevado percentual de utilização de gás natural na geração de energia pode indicar uma rota mais fácil para a transição energética para combustíveis mais limpos como biometano e hidrogênio, que fazem parte da estratégia energética brasileira no Plano Nacional de Energia 2050 e podem usar parte da infraestrutura já implantada para gás natural.

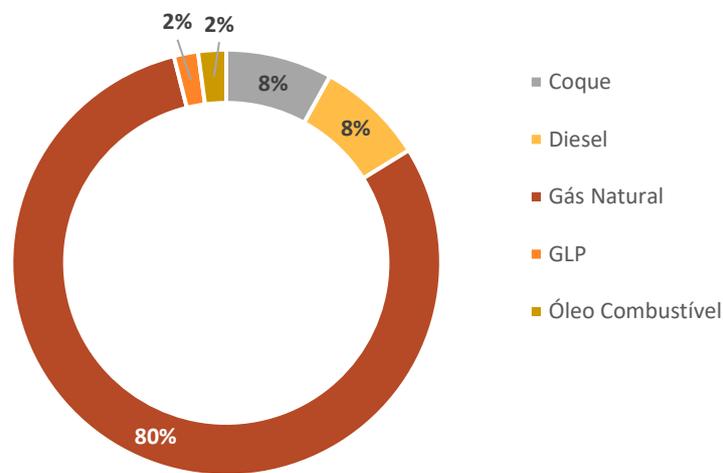


Figura 48. Contribuição % dos diferentes combustíveis utilizados para geração de energia no setor industrial. Fonte de dados: SEEG.

2.4.2.4 Eletricidade

Fazem parte desta parcela de emissões as emissões de GEE relacionadas ao subsetor de Geração de Eletricidade (Serviço Público), que são aquelas originadas na queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas no Estado (escopo 1) que abastecem a rede pública de eletricidade, e as emissões associadas à Importação de Eletricidade (escopo 2). As emissões do subsetor de Geração de Eletricidade (Serviço Público) foram de 1,01 Mton CO₂e, em 2020, enquanto as emissões associadas à Importação de Eletricidade (escopo 2) representaram 0,38 Mton CO₂e em 2020.

A Figura 49 apresenta as emissões do subsetor de Geração de Eletricidade (Serviço Público). Pode-se observar que as emissões deste subsetor são relativamente baixas no ES até 2012, quando entram em operação usinas termelétricas no ES movidas a gás natural e óleo combustível. A intensidade de emissão destas usinas varia conforme a necessidade de despacho do Operador Nacional do Sistema (ONS) de energia elétrica nacional. Conforme citado anteriormente, duas das termelétricas do Estado (UTE Viana e UTE LORM) estão em obras de expansão com inclusão de outros grupos geradores a gás natural, além da

construção de uma outra (UTE Povoação), também a gás natural. Serão 148,5 MW totais instalados, ampliando o potencial de geração do ES, mas que terão como consequência um maior potencial de emissões de GEE.

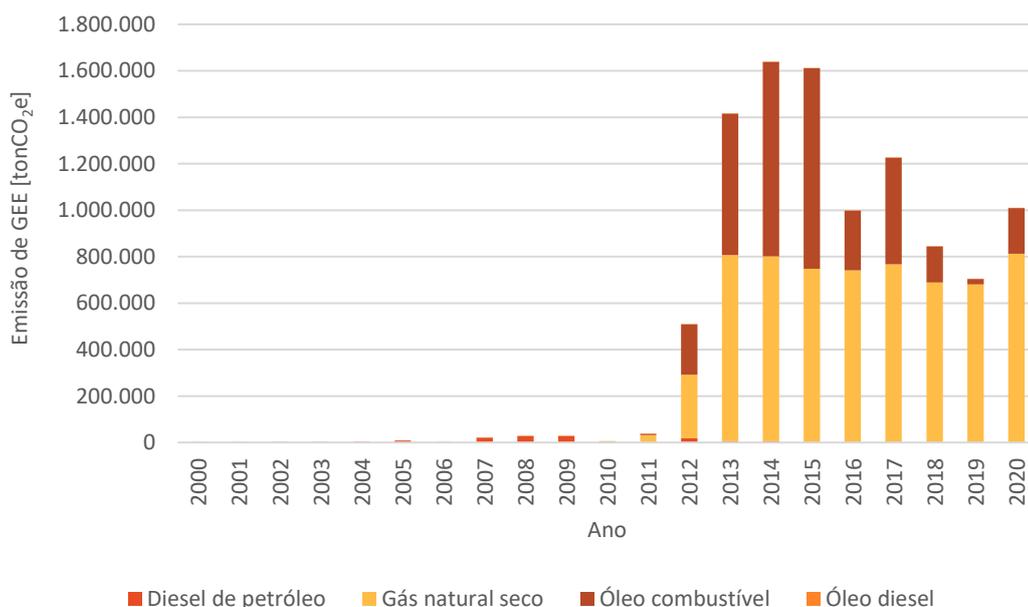


Figura 49. Evolução temporal da emissão de GEE no ES relacionada à Geração de Eletricidade (Serviço Público), 2000 – 2020. Fonte de dados SEEG.

As emissões de GEE relacionadas à Importação de Eletricidade (escopo 2) dependem da composição da matriz de geração nacional, variando conforme a necessidade de despacho das termoeletricas para suprir a demanda nacional. A Figura 50 apresenta a evolução temporal do fator de Emissão de CO₂e correspondente à geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil. Este fator é calculado com base na média das emissões da geração, levando em consideração as usinas que estão gerando energia. É possível observar que, nos anos em que é necessário o despacho de várias usinas termoeletricas para suprir as necessidades de energia do sistema, existe um aumento significativo das emissões de CO₂e por MWh gerado, como 2015 e 2021, por exemplo. É importante notar que, mesmo nos períodos de pico do fator de emissão, a energia elétrica brasileira ainda é consideravelmente “mais limpa” que a energia de diversos países; por exemplo, o fator de emissão médio da Comunidade Europeia é 0,3 tCO₂e/MWh (Ajanovic e Haas, 2019) e EUA é 0,386 tCO₂e/MWh (US-EIA, 2022), consideravelmente maiores do que os valores observados em 2020 (0,062 tCO₂e/MWh) e 2021 (0,126 tCO₂e/MWh) no Brasil.

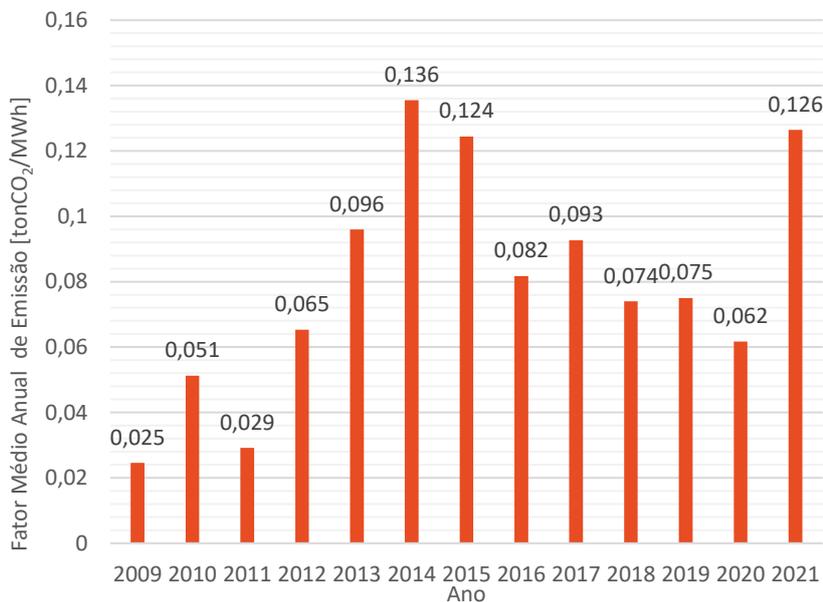


Figura 50. Evolução temporal do fator de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, em tCO₂e/MWh. Fonte de dados: MCTI (2021b)

É importante destacar que a taxa de emissão referente a importação de energia é uma estimativa inicial, visto que grandes consumidores operam no mercado livre de energia e selecionam fontes compatíveis com suas políticas ambientais de redução de emissão. Por exemplo, a Vale se compromete, em suas políticas ambientais, em atingir 100% do consumo de eletricidade renovável, até 2025. De fato, o relatório de meio ambiente (Vale, 2022) reporta que, em 2021, 89% da eletricidade consumida pela Vale foi proveniente de fontes renováveis. Outras empresas do Estado podem ter adotado políticas semelhantes, mas os inventários empregados neste estágio da execução do trabalho não são capazes de identificar tal comportamento. Com a execução do inventário local de emissão estas características específicas serão mais bem identificadas.

Considerando as emissões do setor, é possível identificar 03 fatores relevantes para a geração de energia elétrica do Estado:

1. O uso de óleo combustível na geração de energia elétrica no ES indica que pode haver benefício da migração de usinas geradoras para gás natural como rota de transição para energias menos emissoras de GEE.
2. Analogamente ao observado para a geração de energia no setor industrial, a relevância do gás natural na geração de eletricidade no ES e a existência de infraestrutura indicam o potencial de futura transição de gás natural para combustíveis mais limpos como biometano e hidrogênio, que fazem parte da estratégia energética brasileira no Plano Nacional de Energia 2050.

3. A eletrificação de setores da economia como medida mitigadora da emissão de GEE pode aumentar o consumo de eletricidade do ES, tornando-o mais dependente da matriz nacional. É importante que o ES esteja atento para esta tendência.
4. A geração de energia elétrica com base em fontes renováveis como eólica e solar no ES tem o potencial de aumentar de maneira significativa nos próximos anos, conforme descrito na Seção 2.2.4 Potencial de geração de energia a partir de fontes renováveis. Desta forma, a geração de energia com carbono zero no ES pode diminuir a parcela de emissão referente à importação de energia. De fato, o ES tem potencial de produzir energia limpa suficiente para exportar e compensar as emissões de outros setores.

2.4.2.5 Residencial

Como explicitado anteriormente, as emissões de GEE atribuídas ao subsetor Residencial dizem respeito à queima de combustíveis (no caso, gás natural e gás liquefeito de petróleo – GLP) nas residências do ES. A Figura 51 apresenta as emissões desse subsetor ao longo do período de 1990 a 2020, discriminadas por combustível utilizado. A partir do ano de 2003, pode-se notar uma tendência geral de crescimento das emissões. A grande maioria das emissões do subsetor Residencial está associada à utilização de GLP, embora a participação de gás natural seco vem aumentando consistentemente desde 2010.

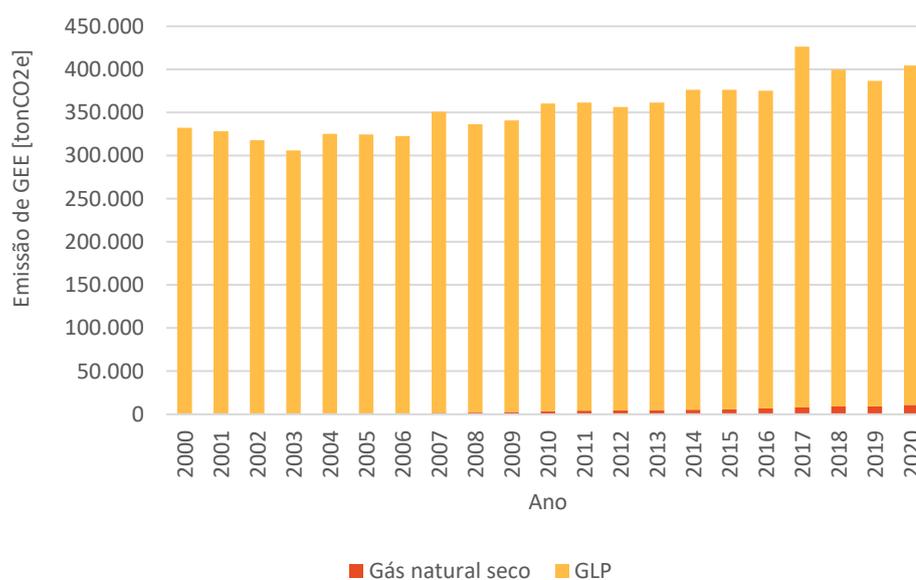


Figura 51. Emissões de GEE do subsetor Residencial no Espírito Santo, de 1990 a 2020, discriminadas por combustível utilizado. Fonte: SEEG.

2.4.3 Processos Industriais

É importante notar que a metodologia do IPCC (IPCC, 2006) inclui como emissões do setor Processos Industriais somente a parcela de emissões diretamente ligada aos processos de fabricação. Não são consideradas neste grupo as emissões industriais ligadas às emissões relacionadas à produção de energia utilizada nos processos industriais. Esta parcela de emissões é computada como a contribuição industrial para as emissões do setor de energia. Desta forma, tanto o inventário SEEG quanto o inventário SIRENE, que são baseados metodologia do IPCC (IPCC, 2006), consideram as emissões industriais apenas das fontes conforme representação esquemática da Figura 52.

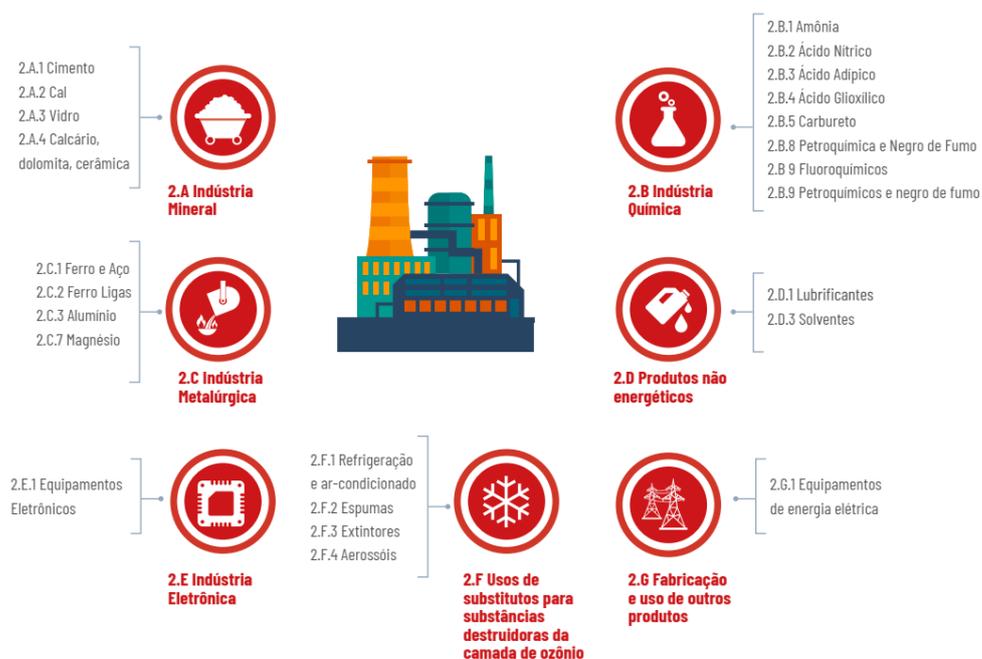


Figura 52. Representação esquemática dos processos industriais incluídos nas estimativas de segundo as metodologias empregadas pelo SEEG e SIRENE. Fonte: MCTI (2022).

A Figura 53 apresenta a emissão do setor de Processos Industriais no ES. A metodologia empregada contempla as emissões de dois processos industriais, produção de aço e produção de cimento. Em 2020, as emissões dos processos industriais totalizaram 9,29 MtonCO₂e, que correspondem a 32% do total de emissões líquidas do ES. A maioria das emissões (97%) estão relacionadas à produção de aço, que é fortemente baseada no uso de carvão mineral.

É importante notar que estas emissões têm significativo potencial de mitigação, com gradual transição para energias mais limpas. Em primeira instância, a gradual substituição do carvão para o gás natural e posteriormente a utilização de Hidrogênio Verde no

processo de redução para produção de aço. Adicionalmente, é necessário informar que a empresa ArcelorMittal, principal responsável pela produção de ferro-gusa e aço, já indicou estudos visando avaliar a viabilidade técnica e econômica de utilização do hidrogênio verde em seus processos como forma de reduzir emissões após 2030. A empresa também assumiu compromisso ambiental de neutralizar suas emissões de GEE até 2050. Estes compromissos podem ter um impacto significativo sobre o perfil de emissões da matriz energética do ES.



É importante ressaltar que tanto SIRENE quanto SEEG reportam explicitamente que as metodologias empregadas para incluir as emissões de processos industriais e energia são alocadas em dois setores distintos, de forma mutuamente excludente, ou seja, sem sobreposição ou dupla contagem. Ambos os inventários indicam que os cálculos de emissão relativos ao consumo de combustíveis reductores seguem o mesmo procedimento do relatório “Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais – Relatório de Referência” (publicado em 2014 pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI), publicado em colaboração com entidades industriais, tais como Instituto Aço Brasil, Associação Brasileira de Alumínio e outros. Segundo o documento são contabilizadas as emissões da indústria, dentro do setor de Energia, que estão ligadas diretamente a consumo de combustíveis com finalidade energética, sendo excluído o consumo de combustíveis em processo termorreductor (as quais já são incluídas no setor de Processos Industriais). Em termos de metodologia, o princípio adotado nos dois inventários é o mesmo, utilizando-se fatores de emissão e balanço de carbono, com a diferença que o SIRENE se propõe a considerar um balanço de massa de carbono mais detalhado das entradas e saídas de cada processo. Por exemplo, quando disponíveis, utilizam-se os valores produzidos de gás de aciaria (quando não disponíveis, fatores de alocação são assumidos), e as emissões pela queima desse gás são calculadas individualmente. No entanto, o carbono contido no gás de aciaria é descontado no cálculo das emissões calculadas para o alto forno, para evitar dupla contagem.

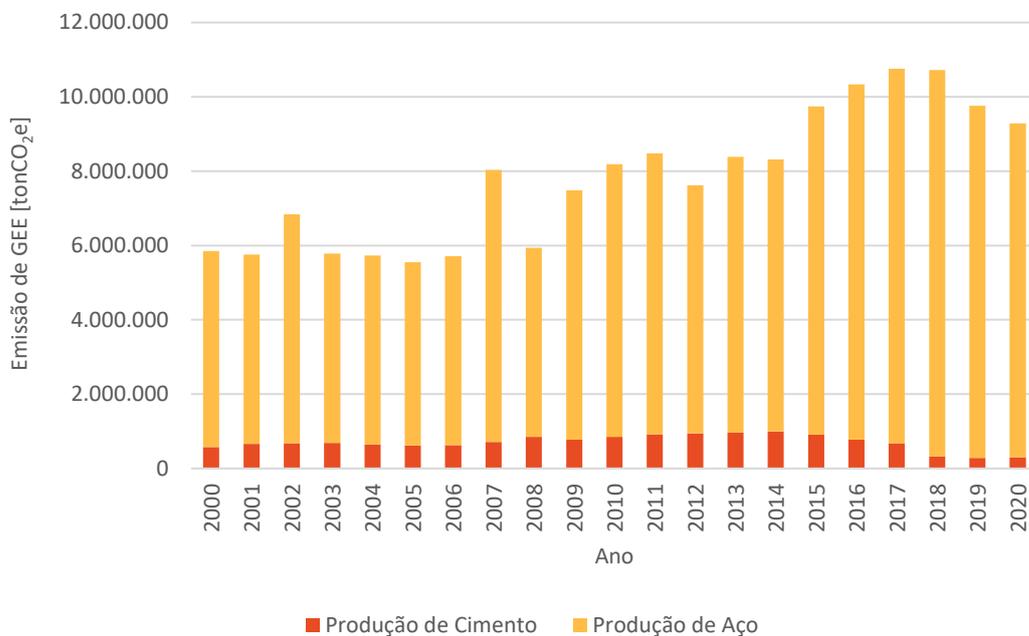


Figura 53. Emissões de GEE de processos industriais no ES, de 2000 a 2020. Fonte de dados: SEEG.

2.4.4 Resíduos

Conforme citado anteriormente as emissões brutas do setor Resíduos, em 2020, foram 2,05 MtonCO₂e, que equivalem a 7% das emissões totais de GEE do Estado. A Figura 54 apresenta os dados de emissão bruta para o setor Resíduos. O inventário, que considera o período de 1990 até 2020, indica que o setor de resíduos sólidos e efluentes apresentou uma geração crescente nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), impulsionada pelo crescimento populacional, que conseqüentemente eleva a demanda de tratamento de efluentes domésticos bem como a geração de resíduos sólidos urbanos.

Pode-se observar que as principais emissões estão relacionadas aos subsetores de Disposição Final de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos Domésticos, que foram responsáveis por 71% e 21%, respectivamente, das emissões do setor. Dessa forma, ainda que todas as emissões mereçam ações mitigadoras, o foco do setor de resíduos visando à neutralização de GEE deve ser no tratamento de efluentes e destinação de resíduos sólidos.

A Figura 55 apresenta a emissão de GEE na disposição final de resíduos sólidos por tipo de resíduo no ES, de 1990 a 2020. Pode-se observar que as maiores parcelas das emissões são referentes à Disposição de RSU em Aterro Sanitário (90,6% em 2020) e Disposição de RSU em Aterro Controlado ou Lixão (9,0%).

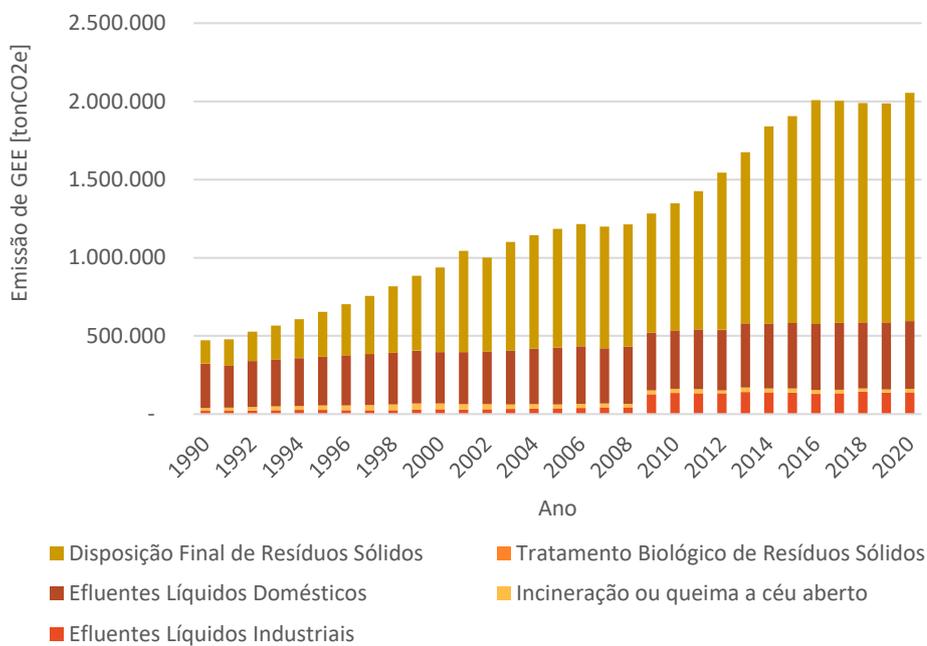


Figura 54. Evolução temporal da emissão de GEE do setor de resíduos no ES, 1990 -2020. Fonte de dados: SEEG.

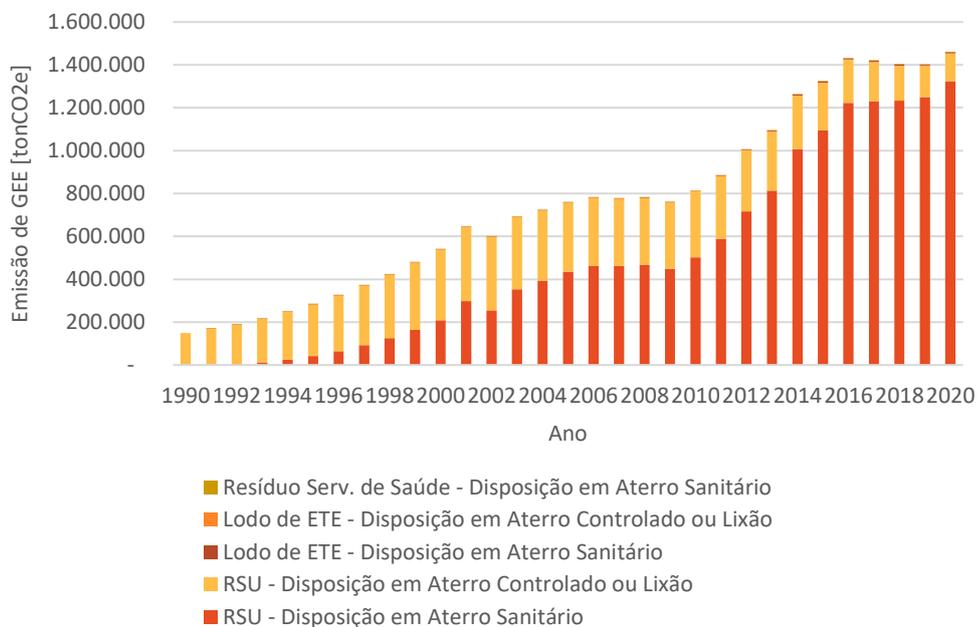


Figura 55. Evolução temporal da emissão de GEE na disposição final de resíduos sólidos por tipo de resíduo no ES, 1990 -2020. Fonte de dados: SEEG.

Ainda, dados do SEEG apontam que, apesar do aumento da demanda no tratamento de efluentes líquidos, é a destinação de resíduos em aterros sanitários, aterros controlados e

lixões a maior responsável pela emissão crescente de metano, sendo responsável por 64,3% em nível nacional. Cabe ressaltar que os resíduos de atividades agropecuárias, como por exemplo, a disposição de dejetos animais e a incineração de restos de culturas agrícolas não estão inclusos no setor de Resíduos, sendo contabilizados nas estimativas de emissões do setor Agropecuário.

É importante destacar também que, de acordo com o caderno metodológico do SEEG, considerou-se uma variável referente à recuperação de metano, por meio da queima ou aproveitamento energético. O Espírito Santo possui 5 aterros sanitários, sendo que apenas 2 realizam queima ou aproveitamento energético. Dessa forma, a principal medida de mitigação envolve o controle de perdas de biogás e a produção de energia em aterros sanitários.

Há ainda a interface do setor de resíduos com outros setores em relação ao impacto nas emissões, como a recuperação energética a partir da queima de rejeitos de RSU e a comercialização de Combustível Derivado de Resíduo (CDR), que reduzem consequentemente a emissão de GEE na produção de energia a partir de combustíveis fósseis. Ainda em relação ao setor de Energia, a produção de biogás em biodigestores via metanização ou processos eficientes para conversão de matéria orgânica em biogás, permite reduzir custos de produção e geração de energia elétrica ou térmica, ou mesmo a comercialização de biogás. Da mesma forma, a produção de fertilizante biológico, além de valorizar os resíduos orgânicos, indiretamente também reduz as emissões da produção e utilização de fertilizantes químicos. E a reciclagem dos resíduos recicláveis secos minimizam as emissões do setor industrial com o fornecimento de matéria prima secundária.

Em relação aos efluentes domésticos, atualmente, os dados disponíveis mostram que 57% da população total é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário, mas a tendência é que aumente a cobertura da população atendida, visto que vários municípios apresentaram recentemente Planos Municipais de Saneamento Básico ou estão em fase de elaboração. As rotas de mitigação em relação aos efluentes líquido englobam o aproveitamento energético do biogás gerado nos tratamentos anaeróbios e o aumento da eficiência energética dos tratamentos aeróbios.

Em relação aos efluentes industriais, o SEEG considera na métrica de emissão o tipo de tratamento e os dados de produção industrial das seguintes atividades: produção de carne avícola, bovina e suína; produção de celulose; produção de cerveja; e produção de leite cru e leite pasteurizado. Apesar de não existirem dados disponíveis para a projeção da emissão referente aos efluentes industriais no Estado, cabe ressaltar que, dentre as atividades consideradas pelo SEEG, o ES possui empreendimentos agrossilvopastoris e agroindustriais situados em sua maioria na região norte do Estado.

Cabe ressaltar que o potencial de geração de biogás pelo setor é bastante significativo. A produção de biogás pelo setor de resíduos, somada à produção do setor de Agropecuária, tem o potencial de gerar uma parcela significativa da energia consumida no ES, de forma sustentável e com neutralidade de carbono, conforme discutido na Seção 2.2.4.4.

Dessa forma, a tendência a médio e longo prazo é uma redução das emissões relativas ao setor de resíduos sólidos e efluentes, visto que o Governo do Estado descreveu em seu Plano Estadual de Resíduos (PERS-ES, 2019) diversas diretrizes, projetos e ações para instituir um novo modelo de gestão com incentivos (desde elementos econômicos, regulatórios, de fiscalização e controle social, de regulação, de capacitação e conscientização) que permitem desonerar a cadeia de coleta e transporte de resíduos, como também viabilizar empreendimentos de destinação de resíduos sólidos (reutilização, reciclagem, compostagem, e aproveitamento energético) e tratamento de efluente sanitário ou industrial, tornando possível a minimização de emissões de GEE e/ou aumento da eficiência dos processos atuais.

Junto com essas ações, também foram previstas a implementação de programas de capacitação e educação socioambiental com foco na segregação na fonte, reutilização e reciclagem de efluentes sanitários e industriais o que favoreceria a economicidade espacial de processos mais eficientes na geração de GEE. Para favorecer esses direcionamentos, o Governo fomentou a participação de organismos de gestão (SEAMA, IEMA e secretarias municipais), da sociedade civil (universidades e COGERES) e desenvolveu parcerias com organismos de controle (Ministério Público Estadual, ARSP e Tribunal de Contas do ES), na discussão de elementos de gestão de resíduos no território capixaba, favorecendo soluções eficientes em termos de geração de GEE que requeiram fiscalização e controle pelo Estado. Para facilitar o controle e fiscalização e o estabelecimento de inventário Estadual para Emissões de GEE, o governo vem estudando a implementação de um Sistema Estadual Digital de Informação sobre os Sistemas de Tratamento de Efluentes Sanitários e Industriais, e sobre o Gerenciamento de Resíduos e Manifesto de Transporte de Resíduos.

Finalmente, percebe-se uma ampla e adiantada discussão no Congresso Nacional sobre o estabelecimento de um marco normativo para o aproveitamento energético de rejeitos provenientes do manejo de RSU, o que amplia a segurança jurídica para a instalação de processos mais eficientes em emissões de GEE. A queima de resíduos ou aproveitamento energético do biogás é uma tendência internacional com forte impacto na redução das emissões relativas à disposição de resíduos em aterros sanitários, aterros controlados e lixões.

2.4.5 Sumário das Emissões por Atividade Econômica

A Figura 56 mostra as emissões de GEE do Estado por setor, subsetor e atividade econômica. É possível observar a relação entre as atividades econômicas e os setores geradores de emissões, agrupando as emissões do ES em 5 grandes grupos de atividades econômicas: (i) Produção de Combustíveis e Geração de Energia, (ii) Transporte, (iii) Comercial, Residencial e Setor público, (iv) Indústria e (v) Agropecuária.

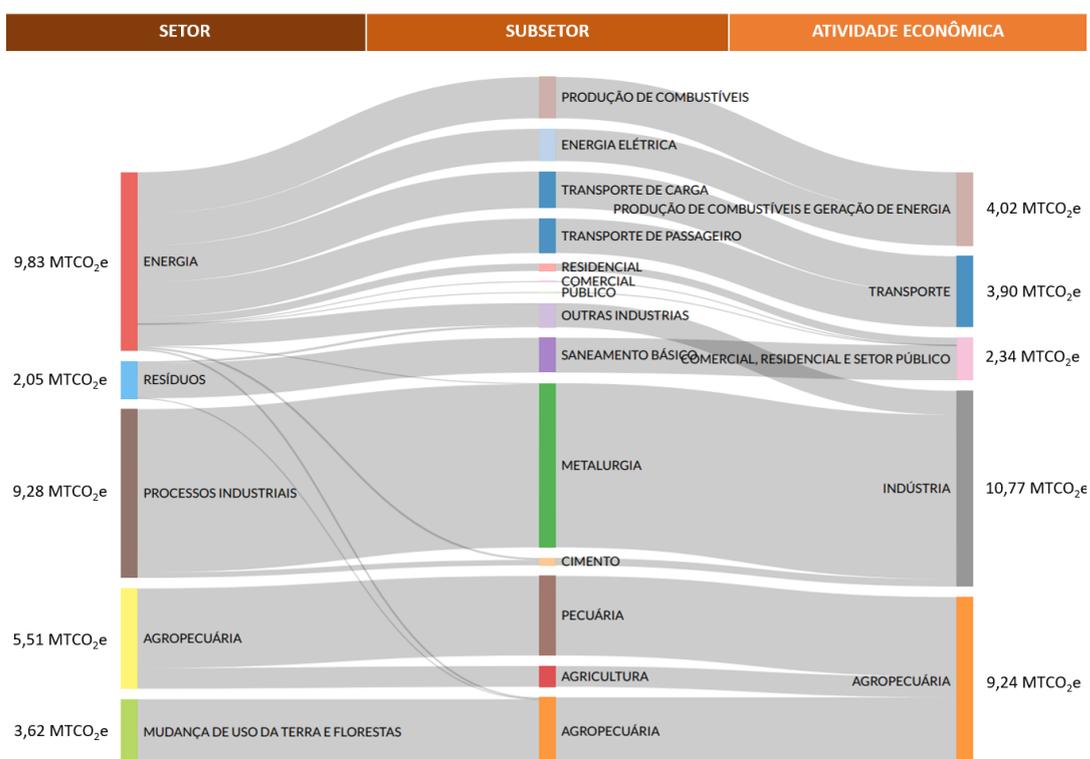


Figura 56. Emissões de GEE do Estado por setor, subsetor e atividade econômica. Fonte SEEG.

As emissões de Produção de Combustíveis e Geração de Energia correspondem a uma parcela significativa das emissões do setor energia, e estão principalmente ligadas à exploração de óleo e gás e geração de energia em termoelétricas no ES. Este grupo de atividades econômicas corresponde a 13,3% das emissões brutas de GEE no ES (4,02 MtonCO₂e).

As emissões de Transporte estão ligadas ao Transporte de Cargas, responsável pela emissão de 2,01 MtonCO₂e, e Transporte de Passageiros no ES, responsável pela emissão de 1,89 MtonCO₂e. Este grupo de atividades econômicas corresponde a 12,9% das emissões brutas de GEE no ES (3,90 MtonCO₂e).

As emissões das atividades Comerciais, Residenciais e Setor Público correspondem às parcelas das emissões do setor energia relacionadas à queima de GLP e à produção de energia elétrica utilizadas nestas atividades. Além da energia este grupo de atividades responde pela quase totalidade das emissões do setor de resíduos (93%). Este grupo de atividades econômicas corresponde a 7,7% das emissões brutas de GEE no ES (2,34 MtonCO₂e).

As emissões das atividades industriais são constituídas por três parcelas: emissões do setor energia, emissões de processos industriais e, em menor escala, emissões do setor de resíduos. A parcela das emissões do setor energia corresponde a energia consumida pela atividade industrial (1,20 MtonCO₂e). A parcela de emissões de processos industriais corresponde às emissões diretas dos processos de fabricação das indústrias (9,29 MtonCO₂e). A parcela de emissões do setor de resíduos corresponde às emissões ligadas ao tratamento de efluentes relacionados às indústrias (0,02 MtonCO₂e). As emissões das atividades industriais correspondem a 35,6% das emissões brutas de GEE no ES (10,77 MtonCO₂e).

As emissões das atividades agropecuárias são constituídas por cinco parcelas: agricultura, pecuária, mudanças de uso do solo e floresta, e em menor escala, energia e resíduos. As parcelas das emissões da pecuária e agricultura correspondem a 4,38 MtonCO₂e e 1,14 MtonCO₂e, respectivamente. As mudanças de uso do solo e floresta representam 3,62 MtonCO₂e. A parcela das emissões do setor energia corresponde a energia consumida pela atividade agropecuária (0,09 MtonCO₂e). A parcela de emissões do setor de resíduos corresponde às emissões ligadas ao tratamento de efluentes da atividade agropecuária (0,02 MtonCO₂e). As emissões das atividades agropecuária correspondem a 30,5% das emissões brutas de GEE no ES (9,24 MtonCO₂e).

A Figura 57 mostra a contribuição de cada atividade econômica para o total das emissões de GEE do ES. A Figura 57a apresenta as contribuições brutas para as emissões do ES. A Figura 57b apresenta as contribuições líquidas para as emissões do ES, descontando as remoções efetuadas pelos setores ligados à atividade econômica. Visto que as remoções contabilizadas no ES estão ligadas ao sequestro de carbono no setor de mudanças de uso do solo e floresta (1,71 MtonCO₂e) e remoções ligadas à fixação de carbono¹⁸ no solo nas atividades de pecuária, florestas plantadas e sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (1,29 MtonCO₂e), as remoções são somente relacionadas às atividade agropecuárias, reduzindo a participação desta atividade de 30,5% para 22,9% das emissões totais do ES, ou seja, um abatimento de 3,00 MtonCO₂e.

¹⁸ Remoções NCI (Não Contabilizadas no Inventário Nacional)

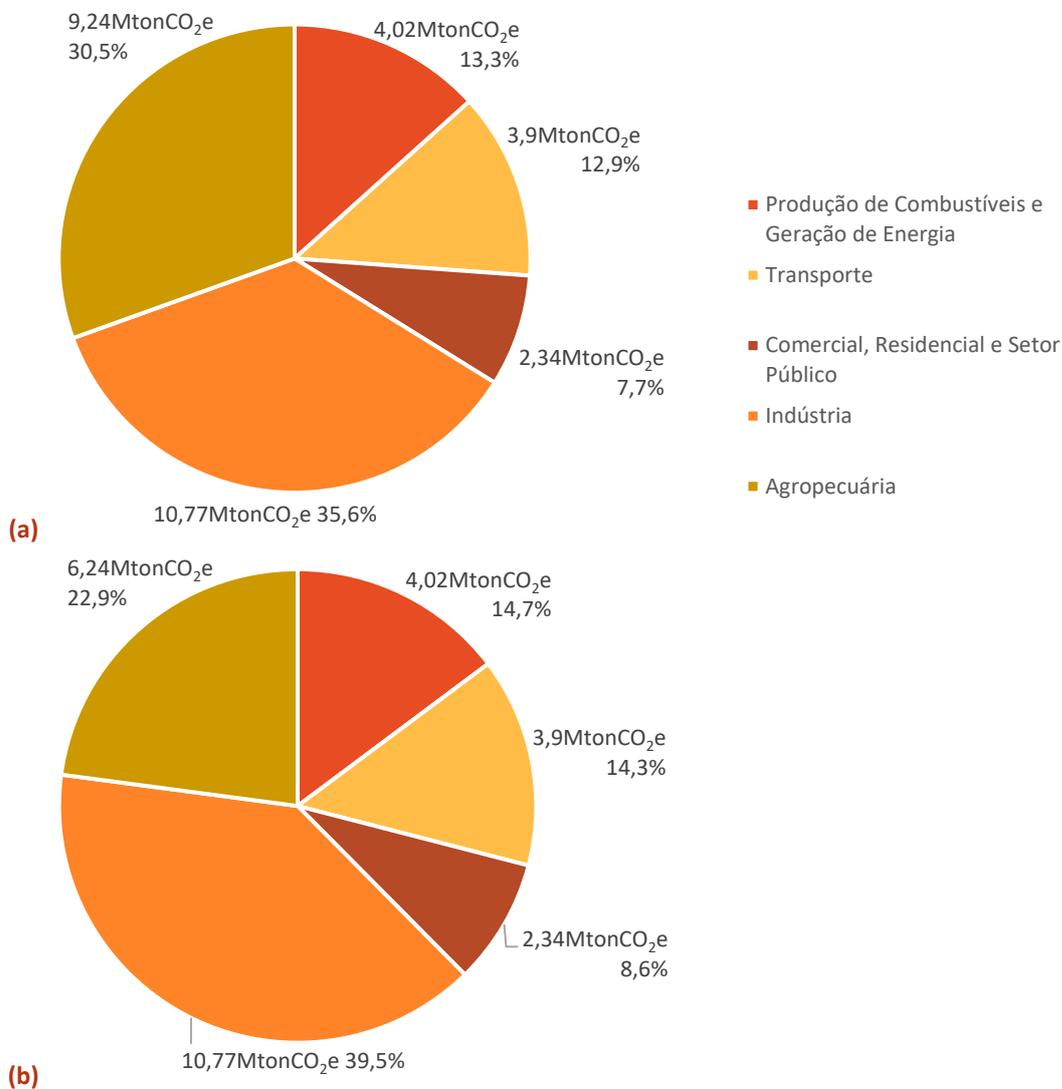


Figura 57. Contribuição % de cada atividade econômica para o total das emissões de GEE do ES, em 2020: (a) contribuições brutas e (b) contribuições líquidas para as emissões do ES. Fonte de dados SEEG.

2.5 DEFINIÇÃO DE ÁREAS TEMÁTICAS

Com base na análise do Sumário das Emissões por Atividade Econômica, apresentado na Seção 2.4.5, é possível identificar 4 áreas temáticas para a implementação de ações que levem a descarbonização da economia do ES: (i) Energia & Indústria; (ii) Transportes; (iii) Resíduos; e (iv) AFOLU. A organização em áreas temáticas visa facilitar as análises e discussões por setor, sistematizando a análise de resultados e a proposições de políticas e estratégias para atingir os objetivos pretendidos dentro de cada atividade econômica. A

Figura 58 apresenta os setores que compõem as áreas temáticas selecionadas para o agrupamento de estratégias.



Figura 58. Setores que compõem as áreas temáticas selecionadas para o agrupamento de estratégias.

2.6 ANÁLISE SWOT

Uma análise SWOT é uma avaliação dos ambientes internos e externos de uma organização. As análises SWOT são frequentemente usadas para criar planos estratégicos de organizações.

A estrutura de análise SWOT permite a identificação os fatores estratégicos internos, como pontos fortes e fracos, e fatores estratégicos externos, como oportunidades e ameaças. O objetivo principal da matriz SWOT é ajudar a identificar as estratégias para explorar suas potencialidades e vocações (pontos fortes) e superar suas limitações internas (pontos fracos). Além dos fatores internos, as estratégias identificadas devem explorar oportunidades externas, combater e evitar ameaças do ambiente externo que podem atrapalhar ou ser um obstáculo para o cumprimento dos objetivos estratégicos da organização.

No contexto do Plano de Neutralização das Emissões de GEE do ES, a análise SWOT representa um sumário dos fatores e características identificados nas seções anteriores deste capítulo, envolvendo as vocações, potencialidades e desafios de cada setor para atingir a meta de descarbonização da economia do ES até 2050. A Tabela 13 apresenta uma visão geral da análise SWOT aplicada ao Plano de Neutralização das Emissões de GEE.

Tabela 13. Visão conceitual da análise SWOT aplicada ao Plano de Neutralização das Emissões de GEE.

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fortes:	<ul style="list-style-type: none"> Fatores internos que podem favorecer ou influenciar positivamente a implantação de tecnologias ou estratégias para a minimização das emissões de GEE ou a captura/compensação de emissões. Por exemplo: disponibilidade de recursos naturais favoráveis à implantação da tecnologia/estratégia, empresas com potencial de fornecer serviços relacionados à tecnologia/estratégia, infraestrutura instalada, vocação na área.
	Pontos Fracos:	<ul style="list-style-type: none"> Fatores internos que podem atrapalhar ou influenciar negativamente a implantação de tecnologias ou estratégias para a minimização das emissões de GEE ou a captura/compensação de emissões. Por exemplo: indisponibilidade de recursos naturais favoráveis à implantação da tecnologia/estratégia, falta de empresas ou mão-de-obra especializada com potencial de fornecer serviços relacionados à tecnologia/estratégia, necessidade de importação de insumos, vulnerabilidade logística, falta de conhecimento local, falta de regulamentação local ou regulamentação local inadequada, gargalos de infraestrutura.
Fatores Externos (Características ou atributos do ambiente externo)	Oportunidades:	<ul style="list-style-type: none"> Fatores externos que podem favorecer ou influenciar positivamente a implantação de tecnologias ou estratégias para a minimização das emissões de GEE ou a captura/compensação de emissões. Por exemplo: mudanças político-econômicas, políticas externas ou nacionais, oportunidades de financiamento nacional ou internacional.
	Ameaças:	<ul style="list-style-type: none"> Fatores externos que podem atrapalhar ou influenciar negativamente a implantação de tecnologias ou estratégias para a minimização das emissões de GEE ou a captura/compensação de emissões. Por exemplo: escassez do recurso, tecnologia ainda não plenamente desenvolvida, viabilidade econômica, falta de regulamentação ou regulamentação inadequada, alto custo da tecnologia.

Com base no conceito de áreas temáticas estabelecido na seção anterior, a análise SWOT é desenvolvida para cada área com base no diagnóstico apresentado ao longo deste capítulo. Os Pontos Fortes, Pontos Fracos, Oportunidades e Ameaças indicados aqui serão empregados para identificar as diretrizes e estratégias descritas no próximo capítulo. As Tabelas 14, 15, 16 e 17 apresentam a análise SWOT para as áreas temáticas de Energia & Indústria, Transportes, AFOLU e Resíduos, respectivamente.

Tabela 14. Análise SWOT para área temática de Energia & Indústria.

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fortes: <ul style="list-style-type: none">• As maiores empresas do Estado, que são responsáveis por uma parcela bastante significativa das emissões de GEE, já possuem planos para mitigação das emissões, tais como Vale, ArcelorMittal e Suzano, que têm planos de neutralização de emissões até 2050.• Planos de neutralização das grandes empresas já divulgados, apresentando oportunidades econômicas de médio e longo prazo para o desenvolvimento de alguns setores baseados em energias limpas no Estado, inclusive com a identificação de demanda futura de segmentos específicos como hidrogênio e geração de eletricidade por energias renováveis.• O Estado tem potencial significativo para geração de energia elétrica de origem solar, hídrica, eólica e de bioenergia.• Potencial significativo de energia eólica offshore, com diversos empreendimentos manifestando interesse na instalação no Estado.• Potencial de uso de gás natural no processo de transição energética, por existir reservas, infraestrutura de distribuição e uso significativo no ES.• O ES faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN) de eletricidade.• Infraestrutura de portos e prestação de serviços offshore, que pode ser benéfica para aproveitamento eólico offshore e a produção de Hidrogênio Verde.• Existência de empresas de pequeno, médio e grande porte, além de setores da administração pública, comprometidos com a geração distribuída renovável.• Uma das principais atividades industriais do Estado é a produção do aço, para a qual uma das principais vias de neutralização das emissões de GEE é a utilização de processos de redução direta baseados em hidrogênio, indicando demanda futura.• Diversos empreendimentos relacionados a energias renováveis divulgados por empresas do setor.• Existência de financiamento para projetos de geração de energia renovável e eficiência energética.• Parte do Estado pertence à SUDENE, propiciando subsídios para geração por fonte renovável.
---	--

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fracos:	<ul style="list-style-type: none"> • Incerteza no mercado e dificuldade para garantir a segurança do suprimento por períodos de longo prazo. • Limitação da rede de transporte e distribuição de gás natural para aproveitamento do potencial de geração de biogás/biometano” • Limitações da rede de transmissão de energia elétrica, principalmente ao se considerar a possibilidade de ampliação da eletrificação de vários setores da economia, como transportes por exemplo. • Menor competitividade energética do potencial solar e eólico onshore local em relação a outros estados (kWh/dia). • Empreendedores reportam limitações significativas no processo de licenciamento ambiental.
Fatores Externos (Características ou atributos do ambiente externo)	Oportunidades:	<ul style="list-style-type: none"> • Plano Nacional de Energia (PNE 2050) indica as rotas nacionais para a transição energética, permitindo que o Estado efetue seu planejamento com base nas premissas nacionais de longo prazo. • Disponibilidade de diversos estudos nacionais para identificação do potencial de utilização de energias limpas nos diversos setores. • Maturação da tecnologia e redução de custos dos equipamentos de geração a partir de energias com fontes limpas, principalmente solar, eólica e biogás. • Maturação da tecnologia e redução de custos dos equipamentos e instalações para melhoria de eficiência em edificações e processos. • Oportunidade de captação de recursos nacionais e internacionais para projetos relacionados a descarbonização da economia. • Mercado brasileiro e internacional para a compra de hidrogênio. • Condições geopolíticas internacionais têm causado elevação dos preços de petróleo e derivados, aumentando a atratividade de fontes renováveis.
	Ameaças:	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de marco regulatório nacional para aproveitamento energético de resíduos e biogás. • Ausência de marco regulatório nacional eólico offshore. • Grande dependência tecnológica do Brasil das rotas desenvolvidas em outros países, por haver baixo desenvolvimento de tecnologia no país (P&D). • Mudanças de diretrizes no planejamento energético nacional • Ausência de marco regulatório para o mercado de carbono nacional • Uma eventual melhoria nas condições geopolíticas internacionais pode resultar em redução dos preços do petróleo e derivados, diminuindo a atratividade de fontes renováveis.

Tabela 15. Análise SWOT para área temática de Transportes.

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fortes: <ul style="list-style-type: none"> • Conscientização política dos setores públicos e privados da necessidade de políticas públicas para reduzir as emissões do setor. • Sistema TRANSCOL já iniciou estudos para eletrificação da frota. • Indústria local tem protótipos de ônibus elétricos. • Sistema TRANSCOL já iniciou testes de conversão de veículos ciclo diesel para utilização associada de Diesel e GNV na frota. • Implantação do Sistema Aquaviário
	Pontos Fracos: <ul style="list-style-type: none"> • Setor muito pulverizado, com muitos atores (proprietários autônomos de caminhões, empresas de transporte, fabricantes de caminhões, fabricantes de combustíveis, fabricantes de lubrificantes, postos de combustíveis, dentre outros), dificultando políticas gerais que atendam e/ou agradem a todos esses atores. • Atualmente, a maior parte do setor está com baixa capacidade de investimento, o que dificulta o acesso a novas tecnologias de motores e/ou de combustíveis, evidenciada pela crescente idade média da frota. • Apesar dos esforços governamentais, algumas linhas do transporte coletivo ainda sofrem com ônibus superlotados, insegurança, frequência não adequada, o que leva os passageiros que têm condição financeira a trocar o transporte coletivo pelo transporte particular.
Fatores Externos (Características ou atributos do ambiente externo)	Oportunidades: <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia de motores de veículos pesados utilizando biocombustíveis bastante avançada (biodiesel). • Tecnologia de motores de veículos pesados utilizando GNV bem consolidada na Europa e pode ser trazida para o Brasil. • Para veículos leves, o Brasil tem bem desenvolvida a tecnologia de motores flex (bi e tri combustíveis), o que permite uma migração para o etanol muito rápida. • Para veículos leves, já existe comercialmente muitas ofertas de tecnologias de veículos híbridos e elétricos plug-in, o que facilita a migração para energia elétrica. • Conscientização política da necessidade de políticas públicas para reduzir as emissões do setor. • Entrada em vigor a partir de 01/01/2023 do Proconve P8, equivalente à norma europeia Euro 6, cujas emissões de alguns gases poluentes de motores são até 95% menores comparadas ao Euro 5.
	Ameaças: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade limitada do Brasil de produção de biocombustíveis (etanol, biodiesel e HVO). • Custos dos biocombustíveis acima dos custos dos combustíveis atualmente utilizados. • Falta de qualidade e regulamentação nacional para biodiesel. • Incerteza na capacidade de geração de energia elétrica para atender a uma frota totalmente eletrificada. • Custo elevado dos veículos híbridos e elétricos plug-in.

Tabela 16. Análise SWOT para área temática de AFOLU.

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fortes: <ul style="list-style-type: none">• Tradição florestal do Estado, com a presença de diversas atividades relacionadas à produção florestal, incluindo a presença de importantes empresas florestais.• Agricultura diversificada no Estado, facilitando a integração entre sistemas produtivos.• Avanço no domínio tecnológico dos processos produtivos (agrícolas, florestais e pecuários) no Estado do Espírito Santo.• Grande espaço para converter áreas degradadas em recuperadas, com grande potencial de fixar carbono.• Existência de ações de políticas públicas já consolidadas de Agricultura de Baixo Carbono.• Existência de ações de políticas públicas já consolidadas de incentivo ao plantio de florestas comerciais e projetos de restauração/recuperação da Mata Atlântica.• Disponibilidade de dados ambientais e de uso do solo, como por exemplo, imageamento remoto de todo o Estado e ampliação da rede de estações meteorológicas.• Crescimento contínuo da produtividade em praticamente todas as culturas (maior produção em menos área, comparado aos anos anteriores).• Crescimento marcante das pesquisas científicas e formação de recursos humanos em Ciências Agrárias.• Extensão rural presente em todos os municípios do Estado.• Fiscalização agropecuária e florestal presente em todos os municípios do Estado.• Potencial de produção de biocombustível no Estado.• Existência de diversidade climática no Estado.• Evolução do processo produtivo na cadeia da bovinocultura• Agricultura orgânica (bioinsumos).
---	--

Fatores Internos

(Características ou atributos do Estado)

Pontos Fracos:

- Remanescentes de Mata Atlântica representados, em sua maior parte, por fragmentos pequenos e isolados.
- Mapeamento do Inpe (SOS Mata Atlântica) aponta para um desflorestamento entre os anos de 2018 e 2019 no ES, na contramão da meta para 2020.
- A transferência de tecnologia e a assistência técnica no setor agrário não atende à demanda.
- Ausência de bases de dados locais (Estado do ES) com atualização periódica da produção florestal (a realização de inventários florestais contínuos não é uma política pública).
- Baixo entendimento e conscientização no setor produtivo agropecuário e florestal sobre a necessidade, oportunidades econômicas e vantagens ao realizar a descarbonização.
- Ausência de mecanismos acessíveis de quantificação de carbono para dar suporte aos interessados na comercialização de créditos de carbono.
- Ausência de políticas públicas para fomentar a formação de um mercado comprador, especialmente de produtos sustentáveis.
- Deficiências de algumas estruturas do Estado no sentido de monitorar e fiscalizar práticas inadequadas de uso do solo.
- Ausência de uma sede física, ou mesmo virtual, da Embrapa no Estado.
- Frequentes questionamentos em relação aos dados oficiais sobre área e produção agrícola e florestal.
- Baixo IDH, principalmente no Norte do Estado e alguns municípios do Sul do Estado.
- Pouco conhecimento sobre o uso de água subterrânea.
- Uso do solo composto em sua maior parte por pastagem, com alto percentual de áreas degradadas pela pecuária extensiva e de manejo inadequado.
- Baixa tecnificação na bovinocultura, dependência de insumos, mão de obra escassa e pouco qualificada.
- Presença de relevo acidentado em grande parte do estado, o que favorece a maior degradação destas áreas, além da baixa adesão de técnicas conservacionistas.

<p>Fatores Externos (Características ou atributos do ambiente externo)</p>	<p>Oportunidades:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Valorização pelo mercado consumidor de produtos orgânicos/agroecológicos/sustentáveis. • Valorização das commodities produzidas no Estado. • Interesse nacional crescente em biocombustíveis. • Possibilidade de financiamento externo para ampliar o Programa Reflorestar, incluindo oportunidades ligadas ao Mercado de Carbono. • Programa Agricultura de Baixo Carbono+ do Governo Federal.
<p>Fatores Externos (Características ou atributos do ambiente externo)</p>	<p>Ameaças:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No momento, os preços praticados no mercado voluntário de carbono ainda não são suficientemente atrativos para os produtores rurais do ES. • Por se tratar de um plano de longo prazo e depender de vontade e ação política (nas esferas municipal, estadual e federal), quaisquer mudanças nesse cenário podem gerar grandes impactos, sendo uma grande ameaça para que o plano se concretize. • Para o sucesso do plano, é fundamental o desenvolvimento de novas tecnologias na busca por processos produtivos mais eficientes, não só no balanço positivo de carbono, mas também em questões econômicas, sociais e ambientais, admitindo que se isso não ocorrer de forma simultânea, estas tecnologias não prosperarão. Sendo assim, a falta de fomento para o desenvolvimento tecnológico pode ser uma grande ameaça para que o plano seja bem-sucedido. • A intensificação de eventos climáticos adversos, especialmente a deficiência hídrica associada a ondas de calor, pode comprometer as ações definidas no plano. • As ações propostas no plano podem ser impactadas por flutuações de preço e oferta de insumos agrícolas. • No setor agropecuário e florestal as frequentes inseguranças jurídicas também podem comprometer ações do plano. • Ausência de fontes de financiamento para sustentar ações previstas no plano.

Tabela 17. Análise SWOT para área temática de Resíduos.

Fatores Internos (Características ou atributos do Estado)	Pontos Fortes: <ul style="list-style-type: none"> • O Estado tem planejamento para extinção dos lixões e aterros controlados, bem como os aterros capixabas em sua maioria já estão preparados para coleta e tratamento do biogás. • Devido à expressiva produção de resíduos orgânicos tanto no campo quanto nas cidades, o Estado tem potencial para o aproveitamento energético dessa biomassa. • Com relação aos tratamentos de Efluentes Sanitários e o lodo produzido por elas, o modelo de gestão favorece a centralização do tratamento em ETE que facilmente podem melhorar a eficiência de seus processos ou minimizar suas emissões de GEE. • O modelo de gestão desenvolvido pelo Governo de Estado para gestão de resíduos sólidos tem avaliado a aplicação de incentivos econômicos, bem como desenvolvido ferramentas de fiscalização, controle social, programas de capacitação e educação socioambiental, e implementação de Sistema Digital de Manejo de Resíduos, viabilizando a implantação de processos mais eficientes em termos de emissão de GEE, como também no acompanhamento dos programas Estaduais para este fim.
	Pontos Fracos: <ul style="list-style-type: none"> • O Estado ainda mantém aterros com coleta e queima passiva de biogás dificultando o incremento de eficiência do processo de coleta e queima com ou sem aproveitamento energético. • Embora ocorra em grande proporção, a fração orgânica do RDO exhibe complexidade de segregação na fonte, enquanto aquela proveniente de RAA apresenta padrão de produção sazonal e dispersa em pequenos e grandes empreendimentos espalhados pelo território capixaba, dificultando a minimização de emissões em aterros ou a economicidade espacial de processos eficientes em termos de geração de GEE. • Para os efluentes industriais, as emissões estão distribuídas em estações (anaeróbias e aeróbias) instaladas junto aos geradores e espalhadas pelo Estado, dificultando a economicidade de sistemas consorciados mais eficientes em termos de emissões de GEE e consumo de energia. • Para a reciclagem de resíduos secos, percebe-se oneração excessiva causada por tributos fiscais, falta de subsídios e uma triagem prioritariamente manual em OCMRR, dificultando o desvio desses resíduos de aterros sanitários e potencializando as emissões de GEE. • Modelo de gestão ineficiente e financeiramente insustentável para distritos, zonas afastadas e rurais, baixa formação técnica e sensibilidade ambiental, ferramentas digitais de controle e fiscalização ainda inoperantes, bem como ausência de marco regulatório para aproveitamento energético de RSU dificultam o estabelecimento de sistemas mais eficientes em termos de redução de geração de GEE.

Fatores Externos

(Características ou atributos do ambiente externo)

Ameaças:

- Há um forte apelo ao impacto social da queima de rejeitos de RSU pela competição dessa destinação com a reciclagem material proporcionada pelos catadores de materiais recicláveis, aumentando a quantidade de rejeitos enviados a aterros sanitários e dificultando a viabilidade econômica de processos mais eficientes em termos de emissão de GEE.
- Alto custo operacional no gerenciamento do RSU e RSS e falta de apoio da gestão pública (capacitação e incentivos econômicos) para o manejo de RSU, RSPS e RSS, o que dificulta a implementação de soluções mais eficientes em termos de emissão de GEE.
- Falta de capacitação dos produtores rurais em monitorar e registrar a geração e o manejo de RAA, o que dificulta a gestão do resíduo e implementação de sistemas mais eficientes em termos de geração de GEE.
- Iniciativas ainda incipientes de estratégias de cobrança de taxas ou tarifas para a universalização e integralização do manejo de RSU e RSPS, o que aumenta as emissões e impossibilita a implementação de sistemas mais eficientes em termos de geração de GEE.

Oportunidades:

- O marco regulatório nacional para aproveitamento energético de rejeitos provenientes do manejo de RSU está em vias de aprovação, o que amplia a segurança jurídica para a instalação de processos mais eficientes em emissões de GEE.
- A queima de resíduos ou aproveitamento energético do biogás é uma tendência internacional com forte impacto na redução das emissões relativas à disposição de resíduos em aterros sanitários, aterros controlados e lixões.
- O Planares descreveu ações para regulamentação da compostagem e do tratamento mecânico biológico com aproveitamento de biogás para a destinação da fração orgânica dos RLU, o que favoreceria segurança jurídica e a economicidade espacial de processos mais eficientes na geração de GEE.
- O Planares descreveu a necessidade de ampliação da coleta seletiva de resíduos secos recicláveis, o que minimizaria a emissão de GEE em aterros sanitários.
- Necessidade de regulamentação para implantação de processos térmicos para tratamento de RSS ou reciclagem energética de rejeitos com cuidado para controle de emissões atmosférica, o que favoreceria segurança jurídica e a economicidade espacial de processos mais eficientes na geração de GEE.



3

PLANEJAMENTO

Conforme discutido anteriormente, a elaboração do Plano de Neutralização de Emissões será baseada na abordagem de Planejamento Estratégico, envolvendo a etapa de diagnóstico, que foi contemplada no Capítulo 2, e a etapa de planejamento, que é contemplada neste capítulo. A etapa de planejamento será construída em 5 níveis de detalhamento:

Políticas estratégicas: representam as linhas gerais de construção do Plano, que são compartilhados por todas as áreas temáticas. As políticas estratégicas serão empregadas como base para definir as diretrizes e estratégias de neutralização das emissões em cada setor.

Diretrizes: são desenhadas para cumprir as Políticas Estratégicas gerais do projeto dentro de cada área temática. Tais diretrizes são resultantes da análise dos apontamentos e informações levantados na fase de diagnóstico para cada área, levando em consideração o inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado.

Estratégias: para cada diretriz, são delineadas estratégias a serem empregadas em cada área temática para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050. No contexto da elaboração do Plano Estadual de Neutralização das Emissões de GEE, a definição de estratégias deve se basear nas alternativas/soluções tecnológicas disponíveis. Neste contexto, para cada estratégia/tecnologia proposta devem ser elencados desafios para sua implementação, classificados em 4 grupos principais:

- Barreiras técnicas ou tecnológicas
- Barreiras econômicas ou de mercado

- Barreiras institucionais ou regulatórias
- Barreiras culturais ou de informação

É importante ressaltar que durante a seleção alternativas/soluções tecnológicas disponíveis para minimização das emissões de GEE no ES, serão analisadas as principais rotas tecnológicas identificadas no último relatório de especialistas do IPCC para cada setor (IPCC, 2022). Com base nas vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado, levantados na fase de diagnóstico do Planejamento Estratégico, serão selecionadas as alternativas/soluções tecnológicas mais adequadas às especificidades do ES.

Projetos: são delineados para superar as barreiras identificadas para a implementação de cada estratégia proposta para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050. No contexto da elaboração do Plano Estadual de Neutralização das Emissões de GEE, os projetos se referem a ações ou instrumentos de políticas públicas que devem ser realizados para a implementação das estratégias propostas.

Planos de ação: os projetos são desdobrados em planos de ação necessários para sua implementação. Os planos de ação devem contemplar metodologia de execução, metas e responsabilidades pela execução, devidamente acordados com as partes envolvidas. A construção de tais planos para cada um dos projetos (ações ou instrumentos de políticas públicas) será mediada pelos membros da equipe do projeto que fazem parte do Governo, principalmente aqueles vinculados à Secretaria de Estado de Economia e Planejamento.

A Figura 59 apresenta uma representação esquemática dos conceitos da gestão estratégica aplicados à construção de um plano estratégico. Em síntese, no contexto deste projeto o **desafio ou meta estratégica** é a neutralização das emissões de GEE do ES até 2050. Para vencer a **desafio estratégico** proposto são delineadas **Políticas Estratégicas**, que são comuns a todos as áreas temáticas. As **Políticas Estratégicas** gerais são usadas para construir as **Diretrizes** norteadoras de cada área temática, que são desdobradas em **Estratégias ou Rotas Tecnológicas**. Cada Estratégia ou Rota Tecnológica possui suas barreiras para implementação, que devem ser vencidas com a construção de **Projetos**, que representam as ações ou instrumentos de políticas públicas no contexto do Plano de Neutralização de Emissões de GEE. Finalmente, cada **Projeto** proposto deve possuir um **Plano de Ação** com metodologia de execução, metas e responsabilidades pela execução devidamente acordados com as partes envolvidas.

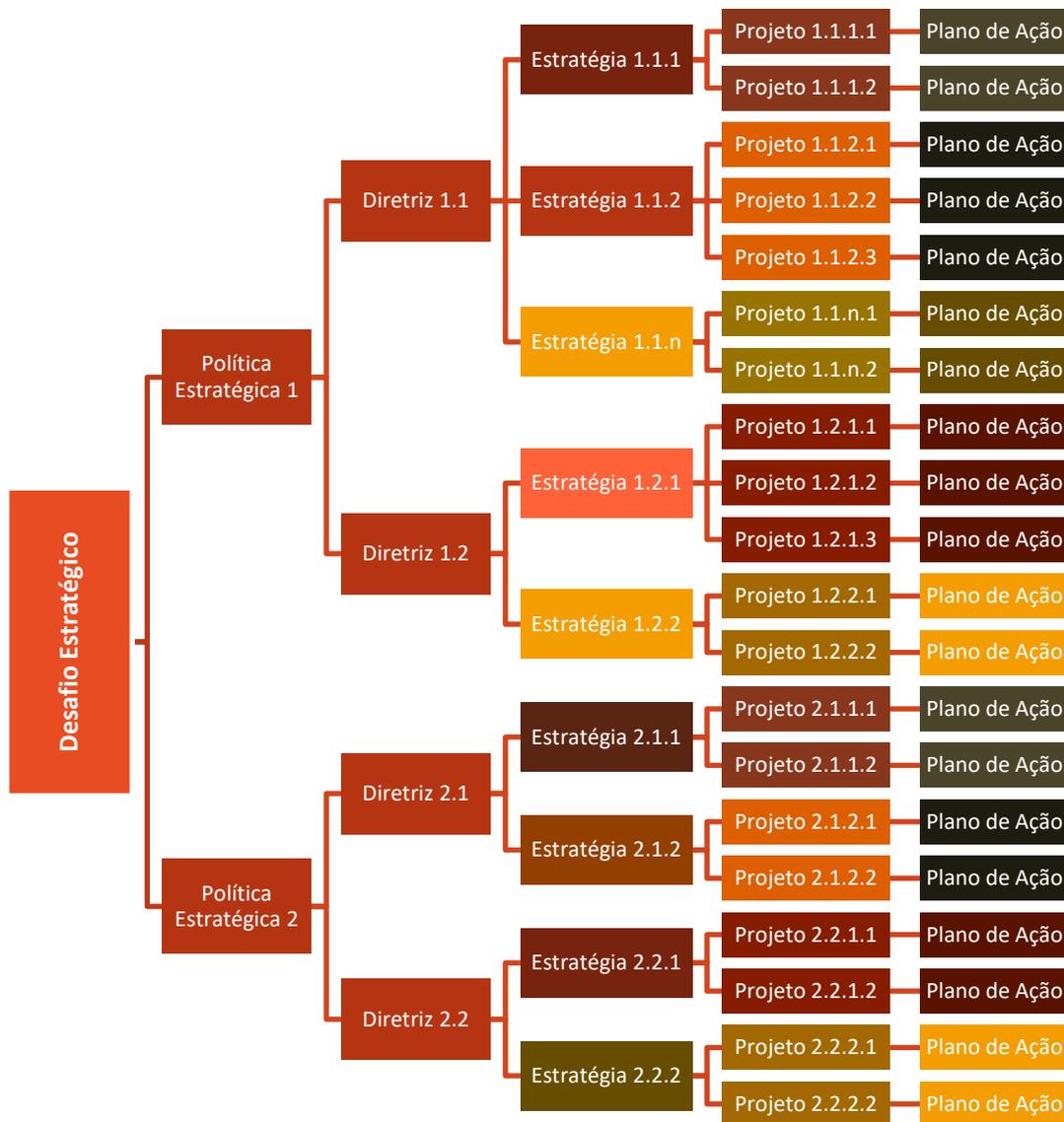


Figura 59. Representação esquemática da metodologia de construção do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE baseada na abordagem de planejamento estratégico.

Conforme descrito anteriormente, este documento apresenta o produto da primeira fase da execução do Plano, ou seja, a Versão I do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do ES (Versão Orientativa). Desta forma, a etapa de Planejamento apresentada nesta versão do Plano apresenta apenas a definição das **Políticas Estratégicas** gerais, **Diretrizes** por área temática e **Estratégias** a serem empregadas, incluindo a visão dos stakeholder envolvidos, sendo os outros níveis de detalhamento abordados nas próximas versões do Plano.

3.1 PRINCÍPIOS NORTEADORES

A construção do Plano de Neutralização de Emissões de GEE do ES parte do princípio de que o Estado participa da transição como agente catalisador das mudanças da economia, promovendo transformações por meio da criação de mecanismos e políticas públicas que auxiliem as transformações dos setores da economia do ES. Conforme indicado pela Nota Técnica, aprovada pelo Fórum Estadual de Mudanças Climáticas, que apresenta os conceitos fundamentais para a elaboração do Plano Estadual de Mudanças Climáticas (CEMC, 2021), o Plano de Neutralização de Emissões de GEE do ES deve incluir a definição ou indicação de estratégias econômicas para viabilizar e acelerar a descarbonização da economia, analisando a implementação de incentivos fiscais para fontes de energia mais limpas, linhas de crédito diferenciado para projetos de descarbonização e demais estratégias voltadas a estimular a descarbonização da economia.

Com base neste contexto, a ideia fundamental para esta versão do Plano de Neutralização de Emissões de GEE do ES é identificar mecanismos de incentivo, regulamentação e políticas que estimulem a adesão voluntária ao processo de transformação para uma economia livre de carbono e busquem explorar as oportunidades relacionadas às transformações da economia global para potencializar o desenvolvimento do Estado. Neste estágio optou-se por minimizar o uso de ações tradicionais de comando e controle, evitando a imposição de limites de emissão ou metas de redução de emissões por setor, priorizando-se ações na esfera econômica. Entretanto, convém ressaltar que o plano estadual deve estar ligado às ações de nível nacional, devendo a definição de políticas públicas estaduais estar relacionada às ações de nível internacional e nacional, como por exemplo o Decreto 11.075 de 2022, que preconiza a construção de Planos Setoriais de redução de emissões.

É importante reconhecer que as principais empresas do Estado já possuem seus planos de neutralização de emissões por motivos que transcendem as normas nacionais e estaduais. O processo de transformação em vários setores já foi iniciado antes da regulação nacional, por questões ligadas à globalização das preocupações sobre o tema, que envolvem de maneira direta ou indireta questões comerciais, financiamento e a antecipação de novos mecanismos de comando e controle que podem surgir para o cumprimento da NDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas) do Brasil. Desta forma, é importante antecipar-se às mudanças que já podem ser previstas ou identificadas, transformando-as em oportunidades para desenvolvimento econômico e social.

O conceito de priorizar medidas de incentivo e minimizar a adoção de instrumentos de comando e controle, neste momento, precisa estar firmemente amparado em revisões periódicas do Plano. Se a rota considerada mais adequada no momento prioriza mecanismos de incentivo, regulamentação e políticas que estimulem a adesão voluntária

ao processo de transformação em detrimento a instrumentos de comando e controle tradicionais (como limites de emissão e metas de redução), esta premissa pode ser alterada ou rebalanceada nas próximas revisões do plano, com mecanismos voluntários sendo gradualmente mesclados a mecanismos de controle tradicionais, a depender da efetividade no cumprimento das metas indicadas e das alterações globais de conjuntura.

Um dos quesitos fundamentais para a construção do Plano é a definição de revisões periódicas, que devem acontecer em 2 níveis.

- A cada 2 anos o Plano deve passar por uma revisão **Nível 1**, que deve contemplar uma análise da efetividade das estratégias, projetos e ações propostas, com base em metas e indicadores. Além das metas e indicadores é importante acompanhar as tendências tecnológicas e econômicas, visto que alterações na conjuntura externa podem requerer alterações nos projetos e ações propostas. Esta análise deve propor correções das ações propostas ou novas ações para garantir o cumprimento das estratégias. É necessário avaliar se as ações estão sendo suficientes para vencer as barreiras identificadas e/ou se existem novas barreiras não identificadas na etapa anterior. A revisão deve, obrigatoriamente, incluir a visão e participação dos stakeholders em sua elaboração, permitindo o acompanhamento e validação dos setores envolvidos nas transformações propostas. Desta forma, a atuação dos membros do Grupo de Sustentação torna-se de extrema importância durante a análise do cumprimento de metas, tendências tecnológicas e econômicas e revisão das ações propostas.
- A cada 5 anos o Plano deve passar uma revisão completa de estrutura, chamada de revisão **Nível 2**. Esta revisão deve, além de analisar a efetividade das estratégias, projetos e ações propostas (com base em metas e indicadores), também discutir se as políticas estratégicas, diretrizes e estratégias propostas continuam sendo válidas, no contexto das modificações tecnológicas e econômicas. Ao longo do intervalo de 5 anos, novas tecnologias podem ter surgido ou se mostrado mais promissoras, ou o contexto Estadual/Nacional/Mundial pode ter sido alterado, gerando novos requisitos ou oportunidades. Analogamente à revisão Nível 1, a revisão Nível 2 deve, obrigatoriamente, incluir a visão e participação dos stakeholders em sua elaboração, permitindo o acompanhamento e validação dos setores envolvidos nas transformações propostas.

3.2 POLÍTICAS ESTRATÉGICAS

Com base nos dados levantados na etapa de diagnóstico, é possível identificar 04 políticas estratégicas que devem ser compartilhadas por todas as áreas temáticas, servindo de instrumento para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050:

1. Minimização das Emissões

• Estratégias de mitigação são a peça central dos planos de neutralização de emissões de GEE. A chave para mitigação de emissões, normalmente, passa pelo uso de fontes de energia mais limpas, com baixa ou nenhuma emissão de CO₂ e para a atmosfera. Além da transição energética, a neutralização envolve diversos outros fatores, como alteração de processos industriais, gestão adequada de resíduos e uso da terra, por exemplo. Desta forma, é importante entender o processo de transição para uma economia livre de carbono como uma atividade que gradualmente conduzirá ao objetivo desejado. A rota de transição deve incorporar não apenas os aspectos tecnológicos, mas também os aspectos econômicos e sociais. O processo de transição adequadamente conduzido pode levar ao desenvolvimento econômico de setores que se aproveitem das oportunidades da economia global descarbonizada.

2. Aumento da Eficiência

• Uma rota muito relevante para a mitigação das emissões é tornar o consumo de energia e recursos naturais mais eficiente. Visto que a matriz energética atual é fortemente baseada em combustíveis fósseis, a redução do consumo específico de energia pela efficientização dos processos torna-se uma rota razoavelmente rápida e de custo relativamente baixo para mitigar as emissões de GEE. Várias tecnologias já estão disponíveis para aumento de eficiência em diversos setores a um custo acessível, podendo gerar ganhos significativos em curto prazo.

3. Mecanismos de Compensação de Emissões

• Mecanismos de compensação de emissões são um vetor importante no caminho para a neutralidade de emissões de GEE. O objetivo principal de planos de neutralização é mitigar as emissões, evitando as emissões de GEE para a atmosfera. Entretanto alguns setores podem ser de difícil descarbonização, tornando a rota mais lenta e custosa. Neste caso é importante ter opções de compensação disponíveis. É importante salientar que a simples compensação não pode ser usada como alternativa para não redução das emissões, ela deve ser um acessório ao processo. Mais do que isso, técnicas de compensação podem e devem estar relacionadas a co-benefícios, como a restauração de florestas e biodiversidade.

4. Remoção e Captura de GEE

• Tão importante quanto a redução das emissões no processo de transição para a neutralidade climática, são os processos de remoção e captura de carbono da atmosfera. Neste contexto, o ES tem um potencial bastante significativo para atuação, não apenas pelo potencial para atividades futuras, mas também pela significativa contribuição de programas de preservação e reconstituição da cobertura florestal já em andamento. Desta forma, esta política estratégica visa a ampliar os esforços atuais e explorar o potencial de remoção e captura de carbono de outros setores de atividade econômica.

Enquanto as Políticas 1 e 2 tem seu objetivo facilmente relacionado à rota para uma economia livre de carbono, é importante definir mais claramente o papel das Políticas 3 e 4, visto que em muitas situações um empreendimento ou setor responsável por emissões de GEE pode decidir criar seu próprio projeto de remoção ou captura¹⁹ de GEE (um projeto de reflorestamento, por exemplo). Neste caso, as atividades de Compensação de Emissões e as atividades de Remoção e Captura de GEE se confundem e são internalizadas pelo empreendimento, ou seja, o próprio empreendimento compensa internamente as suas emissões, reduzindo suas emissões globais líquidas.

Todavia, para a definição de políticas públicas é importante a diferenciação entre as atividades de Compensação de Emissões e as atividades de Remoção e Captura de GEE. Os estímulos e estratégias necessários para fomentar e regulamentar cada uma delas são diferentes e os agentes responsáveis pela execução destas atividades também são diferentes, a priori. Em princípio, a compensação de emissões deve ser feita por aqueles setores que são responsáveis pelas emissões (setor industrial ou de transportes, por exemplo), buscando “compensar” as emissões não mitigadas com o apoio a projetos de Remoção e Captura de GEE. Por outro lado, as atividades de Remoção e Captura de GEE serão realizadas por agentes responsáveis por projetos de reflorestamento (setor florestal ou agropecuário, por exemplo) ou empresas de tecnologia responsáveis por projetos de CCUS. Desta forma, as duas atividades devem ser estimuladas, ou seja, aqueles setores que emitem GEE devem ser estimulados a compensar suas emissões e os setores responsáveis

¹⁹ Neste documento será empregada a definição mais comumente utilizada pelos meios científicos, baseada no Glossário do IPCC (<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/x-7/>):

Remoção de Carbono: Atividades antropogênicas removendo CO₂ da atmosfera e armazenando-o de forma durável em reservatórios geológicos, terrestres ou oceânicos ou em produtos. Inclui o aprimoramento antropogênico existente e potencial de sumidouros biológicos ou geoquímicos e captura e armazenamento direto de ar, mas exclui a absorção natural de CO₂ não causada diretamente por atividades humanas.

Captura de Carbono: Um processo no qual uma corrente relativamente pura de dióxido de carbono (CO₂) de fontes industriais e relacionadas à energia é separada (capturada), condicionada, comprimida e transportada para um local de armazenamento para isolamento de longo prazo da atmosfera (CCS – *Carbon Capture and Storage*) ou usado para produzir um novo produto (CCU – *Carbon Capture and Utilisation*). Se o CO₂ for armazenado em um produto por um horizonte de tempo relevante para o clima, isso é chamado de captura, utilização e armazenamento de dióxido de carbono (CCUS – *Carbon Capture, Utilisation and Storage*).

pela remoção e captura de GEE devem ser estimulados a desenvolver projetos que resultem na remoção do carbono da atmosfera. A situação em que o emissor de GEE tem interesse de criar seu próprio projeto de remoção, compensando internamente suas emissões, representa um caso particular deste processo.

Desta forma, as estratégias desenvolvidas para implementar as Políticas 3 e 4 devem contemplar todas estas situações, fomentando o empenho dos setores emissores em compensar suas emissões por meio de apoio a projetos externos de remoção e captura de GEE, o desenvolvimento de projetos pelos setores que têm potencial de gerar remoção e captura de GEE (setor florestal, por exemplo) e o desenvolvimento de projetos internos de remoção e captura de GEE por parte dos setores/empreendimentos responsáveis pelas emissões.

3.3 DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS

Com base nas Políticas Estratégicas descritas na seção anterior, foram desenhadas Diretrizes para cada área temática com base nos apontamentos e informações levantados na fase de diagnóstico, levando em consideração o inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado em cada área temática. No total foram especificadas 22 Diretrizes, divididas nas quatro linhas temáticas. As Tabelas 18, 20, 19 e 21 apresentam as diretrizes para as áreas temáticas de Energia & Indústria, Transportes, AFOLU e Resíduos, respectivamente.

Com base nas Diretrizes foram estabelecidas estratégias para explorar as potencialidades e vocações de cada setor (pontos fortes) e superar suas limitações internas (pontos fracos). As 22 Diretrizes deram origem a 50 estratégias delineadas para atingir a meta de neutralização das emissões globais do ES até 2050. Algumas estratégias exploram a transversalidade entre as áreas, como por exemplo a capacidade de geração de energia a partir de resíduos urbanos e agrossilvipastoris indicada como estratégia relevante para a área temática de Energia & Indústria, ou ainda, a estratégia de compensação de emissões para setores de difícil descarbonização, que pode funcionar como fonte adicional de investimento nas ações de recomposição e preservação florestal. As Tabelas 22, 23, 24 e 25 apresentam as estratégias selecionadas para as áreas temáticas de Energia & Indústria, Transportes, AFOLU e Resíduos, respectivamente.

Tabela 18. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área de Indústria & Energia.

 Energia & Indústria		
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Descrição
Minimização das Emissões	1. Geração de eletricidade com fontes limpas e maximização de potencial	A forte dependência da matriz de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), aliada a um parque de geração elétrica estadual com forte participação de combustíveis fósseis e a tendência de aumento da demanda de energia elétrica em decorrência da eletrificação de vários setores propiciam uma oportunidade de implementar a política geral de Minimização das Emissões baseada no aumento da geração local com fontes de energia limpa. Neste contexto, são apontados pelo IPCC (2022) e PNE 2050 alternativas energéticas como energia solar, eólica, biocombustíveis, hidroelétrica e outras. Com a maturação das tecnologias, as fontes alternativas estão se tornando cada vez mais economicamente atrativas. Com base no diagnóstico são indicadas estratégias relacionadas às vocações e características do Estado.
	2. Emprego de biocombustíveis e novos combustíveis	A maior parte das emissões do ES está relacionada ao consumo de combustíveis fósseis para a geração de energia e processos industriais. Desta forma, a busca por combustíveis alternativos que estejam alinhados às premissas de descarbonização mundial se torna bastante relevante. Esta diretriz busca acelerar a transição para uma economia de baixo carbono por meio do uso da bioenergia, do hidrogênio e do impulso aos diversos combustíveis de próxima geração, aproveitando os contextos nacional e global para tirar proveito das potencialidades locais e sempre observando os conceitos de eficiência energética.

	<p>3. Ecossistema de Negócios e Infraestrutura para Energias Renováveis</p>	<p>As transformações energéticas pelas quais o mundo deve passar nos próximos anos serão responsáveis pelo crescimento/desenvolvimento de vários setores da economia ligados a energias renováveis. Desta forma, tais transformações podem contribuir de maneira significativa para o crescimento econômico regional, caso as oportunidades sejam adequadamente aproveitadas. O fomento às atividades econômicas deste setor tem o potencial de, não apenas gerar crescimento econômico baseado nos novos paradigmas energéticos, mas também acelerar o processo de transição energética e minimização das emissões, criando uma base tecnológica relevante e reduzindo custos de instalação e operação destes sistemas.</p> <p>É importante destacar que para viabilizar esta política são necessárias estratégias e ações ligadas a atração de empresas, ambiente de negócios e infraestrutura do setor de energia. Desta forma, esta diretriz pretende criar estratégias e ações para fomentar um ecossistema de negócios e modernizar a infraestrutura para energias renováveis no Estado.</p>
<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>4. Indústria de baixo carbono</p>	<p>Esta diretriz busca estimular o emprego e difusão dos conceitos de ecoeficiência e produção mais limpa na indústria capixaba, aumentando a eficiência dos processos industriais por meio de modificações que resultem do uso mais eficiente de energia e recursos naturais, diminuindo a pegada de carbono da indústria. Esta diretriz pretende fomentar modificações em processos industriais que tornem os processos mais eficientes e competitivos, visando à redução das emissões de GEE por unidade de produto ou Valor Agregado.</p>
	<p>5. Edificações de baixo carbono</p>	<p>Esta diretriz busca estruturar e fomentar políticas e estratégias de incentivo a construções sustentáveis (públicas e privadas), incluindo a melhoria da eficiência energética de edificações, uso de materiais e demais modificações. Adicionalmente, com esta diretriz pretende-se fomentar a inserção de critérios de eficiência energética de edificações em instrumentos de política urbana, de acordo com iniciativas nacionais de conservação de energia, incorporando uso eficiente e geração de energia às edificações e fomentando a economia verde nos setores de construção civil, indústria e serviços.</p>

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>6. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>Esta diretriz tem como objetivo o estímulo à utilização de mecanismos de compensação de emissões, para o caso específico de setores de difícil descarbonização. As técnicas de compensação devem, preferencialmente, estar relacionadas a co-benefícios, como a restauração de florestas e biodiversidade no ES. Neste contexto, a compensação de alguns setores pode ser um mecanismo importante para fomento de atividades de captura em outros setores.</p>
<p>Remoção e Captura de GEE</p>	<p>7. Desenvolvimento da captura, utilização e armazenamento de CO₂.</p>	<p>Considerando as potencialidades de biocombustíveis e gás natural no ES, esta diretriz busca estimular o desenvolvimento e utilização de processos de captura, utilização e armazenamento de CO₂ (CCUS). Trata-se de uma tecnologia em maturação, mas que vem sendo empregada de maneira crescente na transição energética e acoplada ao uso de biocombustíveis, que pode levar a processos de geração de energia com remoção líquida de CO₂ da atmosfera.</p>

Tabela 19. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Transportes.

 Transportes		
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Descrição
Minimização das Emissões	1. Biocombustíveis	De acordo com o IPCC (2022) biocombustíveis são apontados como soluções de curto e médio prazo para mitigações do setor de transportes. No Brasil, o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) indica a utilização de biocombustíveis como etanol, biodiesel, biometano, diesel verde (<i>Hydrotreated Vegetable Oil – HVO</i>), incluindo-os na lista de tecnologias consideradas no horizonte do PNE 2050. Esta diretriz busca fomentar a utilização destes biocombustíveis no setor de transportes.
	2. Eletrificação	A Eletrificação é apontada pelo IPCC (2022) como uma das principais rotas de mitigação de emissões do setor de transportes. No Brasil, o PNE 2050 indica uma gradual inserção da eletrificação nos meios de transporte, considerando uma parcela significativa da frota composta por veículos híbridos, com alinhamento com estratégias de biocombustíveis. O PNE 2050 cita que “...entende-se que a eletrificação na frota brasileira ocorrerá por meio de veículos híbridos, onde os veículos leves devem contar com o desenvolvimento desta tecnologia associada à motorização flexfuel” (pp. 209). Esta diretriz busca estimular a eletrificação de transportes, incluindo veículos elétricos e híbridos.

<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>3. Mobilidade urbana de baixo carbono</p>	<p>Esta diretriz busca estimular as estratégias agrupadas sobre a égide da diretriz Mobilidade Urbana de baixo carbono, que dizem respeito à redução das emissões de CO₂e por passageiros por quilômetro percorrido (Índice de Passageiro por Quilômetro - IPK).</p>
<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>4. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>Esta diretriz tem como objetivo o estímulo à utilização de mecanismos de compensação de emissões, para o caso específico de setores de difícil descarbonização. As técnicas de compensação devem, preferencialmente, estar relacionadas a co-benefícios, como a restauração de florestas e biodiversidade no ES. Neste contexto, a compensação de alguns setores pode ser um mecanismo importante para fomento de atividades de captura em outros setores.</p>
<p>Remoção e Captura de GEE</p>	<p>–</p>	<p>Não foram identificadas potencialidades significativas no escopo desta política para a área temática de transportes</p>

Tabela 20. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área de temática AFOLU.

 AFOLU		
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Descrição
Minimização das Emissões	1. Descarbonização pelo uso da terra	Esta diretriz busca estimular o uso de tecnologias que abordam os principais pontos de emissão de GEE no setor AFOLU, criando mecanismos para a implementação de sistemas produtivos sustentáveis, como plantio direto, uso de bioinsumos, sistemas integrados agricultura, pecuária e floresta, recuperação de pastagem degradadas, manejo do solo adequado e controle do desmatamento.
Aumento da Eficiência	2. Promoção de melhor aproveitamento do uso da terra	Esta diretriz busca alinhar a produção agropecuária do ES com os princípios atuais de boas práticas agrícolas operacionais no setor, criando programas para promover o aumento de produtividade por área plantada, e conseqüentemente, a redução das emissões por unidade de produto. O aumento da produtividade com sustentabilidade está fortemente relacionado com melhores práticas de cultivo, manejo, tecnologia, uso de material genético e técnicas adequadas o que permite ganhos diretos e indiretos e otimização dos recursos, como o aproveitamento do potencial energético dos resíduos agrossilvopastoris.

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>3. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>Esta diretriz tem como objetivo o estímulo à utilização de mecanismos de compensação de emissões, para o caso específico de setores de difícil descarbonização. As técnicas de compensação devem, preferencialmente, estar relacionadas a co-benefícios, como a restauração de florestas e biodiversidade no ES. Neste contexto, a compensação de alguns setores pode ser um mecanismo importante para fomento de atividades de captura em outros setores.</p>
<p>Remoção e Captura de GEE</p>	<p>4. Remoção de GEE da atmosfera</p>	<p>Esta diretriz busca estimular o desenvolvimento de atividades que levem à captura/remoção de carbono da atmosfera, aproveitando o grande potencial florestal do ES.</p>
	<p>5. Gratificação por manutenção de estoque de carbono</p>	<p>A atividade Agropecuária tem um grande potencial de Remoção e Fixação de GEE. Esta diretriz busca usar mecanismos de gratificação aos envolvidos, de maneira a estimular o engajamento dos setores na transformação da economia. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.</p>

Tabela 21. Diretrizes para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Resíduos.

 Resíduos		
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Descrição
Minimização das Emissões	1. Controle de perdas em aterros sanitários	<p>Dos 6 aterros sanitários em operação no Espírito Santo, 4 já contam com captação ativa de biogás, sendo que 2 desses queimam seus gases em <i>flares</i> industriais (1 com aproveitamento energético). No entanto, 2 aterros sanitários contam com um sistema de captação e queima passiva de biogás, favorecendo emissões por despendimento superficial e ineficiência do sistema de coleta e queima não enclausurada. Essa diretriz visa estimular a adoção da queima ativa de biogás em todos os aterros sanitários.</p> <p>Com relação aos lixões e aterros controlados, segundo o PERS-ES (2019), no Espírito Santo, 13% dos municípios ainda dispunham RSU em locais inadequados. Juntamente com a destinação em aterros sanitários, essa forma de manejo de resíduos representa a maior contribuição (71%) de emissão de GEE relativo ao setor de resíduos no Estado. Cabe ressaltar que o PLANARES (2022) estabeleceu como meta a ser atendida até 2024 o encerramento dos lixões e aterros controlados. Sendo assim, essa diretriz visa atender o modelo proposto pelo PERS-ES e a meta definida pelo PLANARES.</p>
	2. Desvios de orgânicos em aterros sanitários	<p>Os resíduos verdes e material orgânico podem ser tratados tanto por compostagem quanto por metanização, o que reduz emissões de GEE em aterros, reduzindo também custos com aterramento e propiciando o aproveitamento (energético e/ou como insumo para o solo) desses materiais. Essa diretriz objetiva ampliar e fomentar estas alternativas de tratamento que são preconizadas pelo PLANARES</p>

<p>Minimização das Emissões</p>	<p>3. ETE com aproveitamento energético</p>	<p>A conversão do biogás em energia elétrica objetiva a melhoria do desempenho global do tratamento do esgoto, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa, colaborando para aumentar a eficiência energética da estação de tratamento e, conseqüentemente, a viabilidade do saneamento básico do Estado. Diante do exposto, essa diretriz visa a fomentar o desenvolvimento de projetos de coleta e queima de biogás oriundas de ETE anaeróbias.</p>
<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>4. Produção de energia em aterros sanitários</p>	<p>O aproveitamento energético do biogás é uma tendência internacional com forte impacto na redução das emissões relativas à disposição de resíduos em aterros sanitários, aterros controlados e lixões.</p> <p>O PLANARES definiu que até 2040, mais de 60% do biogás gerado em processos de digestão anaeróbia e nos aterros sanitários deveria ser aproveitado energeticamente e que todos os aterros sanitários deverão ter eficiência mínima de captação de biogás de 50% para aproveitamento energético.</p>

<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>5. Eficiência energética de ETEs</p>	<p>A aplicação de programas de eficiência energética nas ETE aeróbias, bem como para sistemas de esgotamento sanitário é uma estratégia que visa a redução de emissão de GEE com base na redução de consumo elétrico. Dessa forma, essa diretriz visa ampliar projetos de ETE que melhorem a eficiência energética do tratamento aeróbio tanto para efluentes sanitários quanto industriais.</p>
<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>6. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>Esta diretriz tem como objetivo o estímulo à utilização de mecanismos de compensação de emissões, para o caso específico de setores de difícil descarbonização. As técnicas de compensação devem, preferencialmente, estar relacionadas a co-benefícios, como a restauração de florestas e biodiversidade no ES. Neste contexto, a compensação de alguns setores pode ser um mecanismo importante para fomento de atividades de captura em outros setores.</p>
<p>Remoção e Captura de GEE</p>	<p>—</p>	<p>Não foram identificadas potencialidades significativas no escopo desta política para a área temática de resíduos.</p>

Tabela 22. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Indústria & Energia.

 Energia & Indústria			
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Estratégia	Descrição
Minimização das Emissões	1. Geração de eletricidade com fontes renováveis e maximização de potencial	1.1. Fomentar energia eólica onshore	Os dados apresentados no Atlas Eólico do ES demonstram haver potencial eólico onshore significativo para utilização. Desta forma, esta estratégia busca delinear ações para fomentar o desenvolvimento desta modalidade de produção de energia elétrica no ES, principalmente nas regiões com maior potencial identificado.
		1.2. Fomentar energia eólica offshore	O potencial eólico offshore do ES é bastante significativo, contando com diversos empreendimentos em fase de licenciamento ambiental. Neste contexto, esta estratégia busca concatenar ações que permitam o desenvolvimento acelerado do setor, apoiando cadeia produtiva e atraindo investimentos para este tipo de empreendimento.
		1.3. Fomentar energia solar	O ES possui um potencial significativo de utilização de energia solar (4,50 a 5,25 kWh/m ² /dia), o que tem levado a um grande crescimento desta modalidade energética no ES nos últimos anos. Esta estratégia busca concatenar ações que permitam o desenvolvimento acelerado do setor, não apenas potencializado o incremento do número de pequenos geradores de energia, mas também criando atratividade para empreendimentos geradores de médio e grande porte.
		1.4. Ampliar a contribuição de biomassa, biogás e aproveitamento térmico de resíduos na matriz elétrica	Existe um potencial significativo de aproveitamento energético de resíduos (urbanos, lodos de ETEs e agrossilvopastoris) e biomassa no ES. Esta estratégia busca desenhar ações para fomentar a ampliação destas modalidades de geração de energia elétrica, explorando ações transversais com os setores de resíduos e agropecuária.

Minimização das Emissões	1. Geração de eletricidade com fontes renováveis e maximização de potencial	1.5. Incentivar a geração distribuída com diversificação das fontes renováveis	<p>O ES já possui um número significativo de geradores de energia elétrica que podem ser enquadrados na categoria de geração distribuída. Entretanto, o número de geradores e volume de energia gerada de forma distribuída ainda são relativamente baixos quando comparado a outros estados. Segundo a ANEEL²⁰, o ES ocupa a 17ª posição entre os estados brasileiros, considerando a potência instalada e número de geradores. Esta posição no ranking de geração distribuída demonstra que o ES precisa avançar de maneira bastante significativa em suas políticas de incentivo à geração distribuída.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para fomentar a ampliação da geração distribuída com diversificação das fontes renováveis.</p>
		1.6. Aproveitamento do potencial de hidroeletricidade	<p>A avaliação do potencial de hidroeletricidade do Espírito Santo estima um potencial remanescente de 893 MW, que representa 1,6 vezes a potência já instalada hoje nos rios do Estado. A partir da matriz de energia elétrica do ES, observa-se que das 22 (vinte e duas) usinas hidrelétricas nos rios do Estado, 17 (dezessete) são Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) com capacidade instalada superior a 5 MW e inferior a 30 MW. As PCH provocam baixo impacto ambiental e redução de perdas na transmissão de energia elétrica, pela proximidade dos centros consumidores, tornando-se um empreendimento atraente para ampliar a capacidade de geração do Estado.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para ampliar o aproveitamento do potencial de hidroeletricidade.</p>
		1.7. Estimular a aquisição de energia elétrica de fontes renováveis no mercado livre de energia (Ambiente de Contratação Livre)	<p>Por meio do Ambiente de Contratação Livre (ACL), os consumidores podem contar com energia elétrica proveniente de fontes renováveis através da contratação da chamada Energia Incentivada, que possui descontos na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão e na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição. Entretanto, é importante destacar que mesmo com os descontos, a Energia Incentivada pode ser mais cara do que a Energia Convencional. Desta forma, são necessários incentivos para fazer com que o consumidor adote esta modalidade de compra de eletricidade. Esta estratégia busca delinear ações para estimular a aquisição de energia elétrica nesta modalidade no ES, principalmente de fontes geradoras no Estado.</p>

²⁰ http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp

Minimização das Emissões	2. Emprego de biocombustíveis e novos combustíveis	<p>2.1. Fomentar produção de hidrogênio</p> <p>O hidrogênio é indicado como um dos combustíveis mais relevantes nas rotas para neutralização das emissões de GEE. O potencial eólico offshore do ES pode ser empregado como importante fonte de energia para a produção do hidrogênio verde. As maiores indústrias do ES já sinalizaram o interesse no emprego de hidrogênio como solução relevante para a neutralização de suas emissões, caracterizando uma demanda futura extremamente importante para a região.</p> <p>Ao mesmo tempo, o potencial de gás natural do Estado pode viabilizar a produção de hidrogênio azul ou turquesa, mas esta rota depende significativamente da maturação da tecnologia. Além disso, outras formas de energias renováveis, disponíveis no ES, podem ser empregadas para produção de hidrogênio verde, como solar e biomassa. Desta forma, o hidrogênio é uma rota tecnológica bastante relevante para o ES, principalmente quando levada em conta as condições de demanda já identificada, potencial de produção e projetos já anunciados. Esta estratégia busca desenhar ações para fomentar a produção de hidrogênio no ES, explorando as características identificadas.</p>
		<p>2.2. Fomentar produção de biogás e biometano a partir dos resíduos</p> <p>O potencial de produção de biogás e biometano a partir de resíduos urbanos (resíduo sólidos e efluentes sanitários) e resíduos agrossilvopastoris no ES é bastante significativo. Neste contexto, esta estratégia busca concatenar ações que permitam o desenvolvimento acelerado do setor, apoiando cadeia produtiva e atraindo investimentos para este tipo de empreendimento.</p>

<p>Minimização das Emissões</p>	<p>2. Emprego de biocombustíveis e novos combustíveis</p>	<p>2.3. Gás natural como combustível de transição para combustíveis renováveis</p>	<p>O gás natural possui menor taxa de emissão de CO₂ por energia gerada que outros combustíveis fósseis como carvão mineral ou óleo combustível. Considerando as reservas e a infraestrutura já existentes no ES, o gás natural pode ser uma importante fonte de energia no processo de transição energética, principalmente quando considerado como combustível de transição para o hidrogênio ou biogás. Outro fator bastante relevante é a expressiva taxa de emissão de GEE ligada ao uso de carvão mineral em processos industriais no ES, indicando um significativo potencial de redução para a utilização de gás natural.</p> <p>Entretanto, por ser um combustível fóssil, com significativa emissão de GEE para a atmosfera, o gás natural não pode ser considerado uma solução a longo prazo. Diversos países desenharam rotas de transição baseadas na utilização de gás natural em curto e médio prazo, como mecanismo de transição para o hidrogênio (EU, 2021).</p> <p>Como rota de transição a substituição do carvão e óleo combustível deve ser estimulada a curto prazo e médio prazo. Para atingir a neutralização das emissões até 2050, o uso de gás natural, sem a utilização de métodos CCUS eficientes, não é uma solução recomendável. Desta forma, se a curto prazo o gás natural é uma opção viável à utilização de óleo ou carvão, a médio prazo deve ser iniciada a transição para que a longo prazo (2050) o uso de gás natural sem CCUS não seja mais considerado. É importante ressaltar que em médio e longo prazo a maturação da tecnologia de CCUS pode levar ao emprego do potencial de gás natural do ES para a produção de hidrogênio azul, permitindo a utilização do gás natural após 2050.</p> <p>Apesar das reservas reportadas no ES, existem limitações na oferta de gás natural para atender às demandas já existentes, principalmente com o aumento de consumo projetado para o uso de gás natural como combustível de transição²¹. Políticas de transição devem contemplar medidas para contornar estas limitações, conferindo mais confiabilidade e estabilidade ao processo de transição.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para o uso de gás natural como combustível de transição para combustíveis renováveis, de maneira a aproveitar o potencial/vocação do ES. As ações devem considerar que a adesão às políticas públicas de estímulo à migração de carvão e óleo para gás natural deve ser condicionada à apresentação de planos de transição para energias renováveis. Desta forma, políticas públicas de estímulo à migração de carvão e óleo para gás natural em curto prazo podem conduzir a um processo gradual de transição de médio e longo prazo.</p>
--	--	---	--

²¹Jornal A Gazeta 27/06/2022 – “ArcelorMittal Tubarão está atrás de gás natural. E não acha”. <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/arcelormittal-tubarao-esta-atras-de-gas-natural-e-nao-acha-0622>

Minimização das Emissões	3. Ecossistema de Negócios e Infraestrutura para Energias Renováveis	3.1. Estímulo à atração de empresas ligadas a fabricação e desenvolvimento de produtos relacionados às energias renováveis	<p>Vários Estados têm criado políticas específicas para atração de empresas ligadas ao setor de energias renováveis, como por exemplo Minas Gerais²², Ceará²³ e Pernambuco²⁴, envolvendo ações de financiamento à pesquisa e desenvolvimento, incentivos fiscais, compras públicas e financiamento.</p> <p>Esta estratégia tem o objetivo de desenhar ações específicas para atração de empresas ligadas ao setor de energias renováveis. É importante destacar que as ações devem estar focadas em não apenas atrair novas empresas para ES, mas também em catalisar investimentos de empresas já instaladas no ES para atuar na cadeia produtiva ligada a energias renováveis, aproveitando a transição energética para gerar desenvolvimento econômico no ES. Além de propiciar desenvolvimento econômico para o ES, esta estratégia tem o potencial de estimular o processo de transição energética, criando uma base tecnológica relevante e reduzindo custos de instalação e operação destes sistemas no Estado.</p>
		3.2. Apoiar a modernização da infraestrutura de serviços de energia	<p>Ações de ampliação da infraestrutura são extremamente relevantes no contexto da transição energética. Tais ações variam desde a ampliação de linhas de distribuição de gás natural/biogás e questões logísticas ligadas ao transporte de biomassa até ações especificamente ligadas ao setor elétrico. Neste último grupo, é relevante destacar que grande parte das ações necessárias é delineada em nível federal, sendo necessária a atuação política do Estado como influenciador e demandante de ações do governo federal, envolvendo ações na esfera política, além das esferas técnicas e econômicas. Também são bastante relevantes as ações de fomento a parcerias entre entidades que podem conduzir ao objetivo desejado, principalmente para o desenvolvimento da infraestrutura e prestação de serviços de energia.</p> <p>Desta forma, esta estratégia tem o objetivo de concatenar ações específicas para apoiar a modernização da infraestrutura de serviços de energia necessários para a transição energética.</p>

²² <https://epbr.com.br/alema-preve-r-45-mi-na-fabricacao-de-equipamentos-de-hidrogenio-verde/>

²³ <https://www.ceara.gov.br/2022/04/29/hub-de-hidrogenio-verde-governo-do-ceara-assina-memorandos-de-entendimento-com-empresas-a-serem-instaladas-no-complexo-do-pecem/>

²⁴ <https://www.pe.gov.br/portal-governo-pe/blog/129-institucional/505-%C2%ADsuape-garante-recursos-para-pesquisa-e-producao-de-hidrogenio-verde>

<p>Minimização das Emissões</p>	<p>3. Ecossistema de Negócios e Infraestrutura para Energias Renováveis</p>	<p>3.3. Ecossistema de inovação em energias renováveis</p>	<p>Como parte das estratégias para criar um ecossistema de negócios na área de energias renováveis é importante desenhar ações de incentivo à inovação, incluindo P&D, incubadoras, <i>start-ups</i> e outros mecanismos catalisadores de inovação tecnológica.</p> <p>O objetivo central é fomentar a criação de um ecossistema de inovação na área de energia, que estimule a interação das empresas em diversos setores, sendo formado pela colaboração de diversos agentes como aceleradoras, <i>start-ups</i>, fundos de venture capital, parques tecnológicos, grandes empresas de tecnologia, associações, governo e universidades que trabalham com o mesmo propósito. A existência de um ecossistema de inovação catalisa o ingresso de investimento e acelera as transformações da região, por meio do desenvolvimento tecnológico e econômico na área.</p>
<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>4. Indústria de baixo carbono</p>	<p>4.1. Estímulo à adoção de tecnologias limpas de produção industrial</p>	<p>O conceito de tecnologias limpas ou produção mais limpa está diretamente ligado à prevenção da geração de poluição e uso mais eficientes de recursos naturais. A base do conceito está relacionada com a promoção de alterações nos processos industriais que levem a um uso mais eficiente dos recursos disponíveis e, no contexto deste Plano, minimizem as emissões de GEE.</p> <p>Desta forma, estímulo à adoção de tecnologias limpas de produção industrial pode ser traduzido como o estímulo à adoção de tecnologias que aumentem a eficiência dos processos industriais, prevenindo a geração de GEE. Tais ações passam por alterações de combustíveis, modificações no processo produtivo, automação, reciclagem interna e externa, alterações de insumos, alterações nos produtos, gestão e reuso de resíduos com geração de coprodutos e simbiose industrial, permitindo que materiais antes considerados resíduos para uma indústria passem a ser utilizados como matéria-prima por outras, e outras ações relacionadas à prevenção de geração de emissões e fomento à economia circular.</p> <p>O uso de abordagens de tecnologias limpas permite inovações disruptivas desde o nível do modelo de negócio e gestão da cadeia de valor até soluções operacionais, trazendo várias oportunidades: redução de custos dos materiais para as indústrias; redução do uso de recursos primários por meio da recuperação de recursos; adaptação dos processos para uma produção de baixo carbono baseada em combustíveis e energia mais limpos.</p>

Aumento da Eficiência	4. Indústria de baixo carbono	4.2. Fomentar processos de aumento de eficiência na indústria	<p>Estratégias para tornar o consumo de energia e recursos naturais mais eficiente são um importante pilar do processo de descarbonização. Visto que a matriz energética atual é fortemente baseada em combustíveis fósseis, a redução do consumo específico de energia pela eficientização dos processos torna-se uma rota razoavelmente rápida e de custo relativamente baixo para mitigar as emissões de GEE. Entretanto, é necessário considerar que as ações no âmbito desta estratégia não devem considerar apenas aumento de eficiência energética dos processos, mas um aumento global de eficiência na indústria, considerando eficiência de energia, materiais e recursos naturais.</p> <p>Desta forma, devem estar contempladas nesta estratégia ações de melhoria de eficiência energética, aumento da capacidade de geração de energia por eficientização dos processos, uso mais eficiente de materiais/recursos naturais e outras ações que levem a redução das emissões de GEE pela eficientização dos processos industriais.</p>
	5. Edificações de baixo carbono	5.1. Programas de incentivo à eficiência de edificações e ambientes urbanos	<p>Uma parcela significativa da energia consumida pelos setores residencial, comercial e público está relacionada ao consumo energético de edificações. O aumento de eficiência energética de edificações é um instrumento relevante para diminuir o consumo de energia e, conseqüentemente, as emissões de GEE.</p> <p>Esta estratégia deve incluir ações para estímulo ao aumento de eficiência energética de edificações, tanto novas quanto já construídas, de modo a maximizar o uso de iluminação e ventilação naturais, inserindo critérios de eficiência energética de edificações em obras estaduais e em instrumentos de política urbana (como o Código de Obras Municipais) de acordo com iniciativas nacionais de conservação de energia, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet), Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence), Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e outros.</p>

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>6. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>6.1. Estímulo à neutralização das emissões por meio de compensação de emissões e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE</p>	<p>Mecanismos de compensação de emissões são um vetor importante no caminho para a neutralidade de emissões de GEE. Além de promover a compensação de emissões para setores de difícil descarbonização, a compensação de emissões pode funcionar como fonte adicional de investimento nas ações de descarbonização, como recomposição e preservação florestal.</p> <p>Desta forma, setores que tenham dificuldade de neutralizar totalmente suas emissões podem compensar parte de suas emissões apoiando financeiramente projetos de captura de carbono no ES. Caberia ao Governo montar esta estrutura de negociação entre “projetos de remoção” e aqueles que precisam apoiar projetos de remoção para compensar suas emissões, ou negociação de créditos de carbono.</p> <p>Empresas ou entidades que conseguissem a neutralização por ações próprias ou compensação de emissões receberiam uma certificação do Estado, por meio de um Selo de Carbono Neutro. A certificação pode ser um importante mecanismo comercial, principalmente para os envolvidos no comércio exterior e/ou um mecanismo de gratificação para os atores envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para estimular a neutralização das emissões por meio de compensações e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Esta estratégia apresenta forte transversalidade entre os setores da economia, havendo estratégias análogas em cada uma das áreas estratégicas.</p>
<p>Remoção e Captura de GEE</p>	<p>7. Desenvolvimento da captura, transporte, utilização e armazenamento de CO₂.</p>	<p>7.1. Estimular pesquisa, desenvolvimento e utilização de processos de captura, utilização e armazenamento de CO₂ (CCUS)</p>	<p>Considerando as reservas e infraestrutura existentes de gás natural no ES, as técnicas de CCUS podem ser importantes instrumentos para a transição energética do Estado. CCUS pode ser utilizada para converter o gás natural em hidrogênio azul com a captura do CO₂ emitido ou ainda acoplada ao uso de biocombustíveis, que pode levar a processos de geração de energia com remoção líquida de CO₂ da atmosfera. Petrobras e ArcelorMittal já assinaram um instrumento referente ao desenvolvimento de projetos conjuntos.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para estimular o desenvolvimento de projetos de CCUS, por meio de ações de incentivo e estímulo a atração de investimentos locais e externos.</p>

Tabela 23. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Transportes.

 Transportes			
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Estratégias	Descrição
Minimização das Emissões	1. Biocombustíveis	1.1. Incentivos à utilização de etanol pelos veículos leves	<p>Não existe barreira tecnológica significativa para o aumento do uso imediato de etanol em veículos leves, as barreiras para utilização em grande escala são, em sua maioria, econômicas e de volume de fornecimento. Esta estratégia visa a criar um conjunto de ações para incentivar o uso de etanol pelos veículos leves, reduzindo as emissões globais do setor de transportes.</p>
		1.2. Fomento ao uso de Biodiesel por veículos pesados	<p>Considerando que, mesmo em países desenvolvidos, a entrada da eletromobilidade no mercado de veículos pesados não é trivial e não tem sido proposta como política prioritária para a redução das emissões nesse segmento, em curto prazo, a única opção colocada pelo Governo Federal para substituição do diesel em veículos pesados de transporte de carga é o biodiesel.</p> <p>O Governo Federal tem estratégias específicas para o gradual aumento do percentual de biodiesel no óleo diesel comercializado. Entretanto, barreiras econômicas e tecnológicas ligadas à disponibilidade e qualidade do biodiesel têm tornado a evolução mais lenta do que originalmente planejado. Contudo, a implantação gradual do biodiesel é a única alternativa ao diesel atualmente colocada, embora não tenha sua viabilidade totalmente assegurada.</p> <p>Esta estratégia tem o objetivo de desenvolver ações para facilitar a implantação da política federal no ES, garantindo a competitividade do ES, discutindo amplamente ações com o setor para contornar as limitações existentes e reduzir gradualmente a contribuição do diesel como combustível principal no setor de transporte de carga com veículos pesados.</p>

Minimização das Emissões

1. Biocombustíveis

1.3. Fomento ao uso de Diesel-verde (Hydrotreated Vegetable Oil - HVO) por veículos pesados

Considerando que, mesmo em países desenvolvidos, a entrada da eletromobilidade no mercado de veículos pesados não é trivial e não tem sido proposta como política prioritária para a redução das emissões nesse segmento, O Governo Federal tem estratégias específicas para o gradual aumento do percentual de biodiesel no óleo diesel comercializado. Entretanto, barreiras econômicas e tecnológicas ligadas à disponibilidade e qualidade do biodiesel têm tornado a evolução mais lenta do que originalmente planejado.

Em médio a longo prazo, o diesel-verde ou HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) é bom candidato a substituição do diesel, pois é quimicamente idêntico ao diesel proveniente de petróleo, porém é produzido com conteúdo de origem animal ou vegetal (no Brasil existem projetos usando o óleo vegetal de palma). Em relação ao biodiesel atual, o HVO é isento de contaminantes, possui maior estabilidade, garantindo menos problemas no armazenamento e no uso em motores a diesel, minimizando danos aos motores e propiciando uma maior vida útil aos motores. O uso do HVO pode proporcionar uma redução entre 50 e 90% de GEE em relação ao diesel de petróleo e surge como nova alternativa para o ciclo diesel, podendo ganhar participação nas próximas décadas. Além de ser drop-in, o HVO conta com ações da ANP para sua normatização e com as perspectivas de aumento de viabilidade econômica. No entanto, ainda não é disponível comercialmente em grande escala (a entrada em operação da primeira refinaria de escala comercial da Petrobras para HVO está prevista para 2028).

Esta estratégia visa a criar um conjunto de ações para fomentar o uso de diesel-verde (Hydrotreated Vegetable Oil - HVO) por veículos pesados.

Minimização das Emissões	1. Biocombustíveis	<p>1.4. Incentivo ao uso do Biometano em Veículos pesados</p>	<p>No Brasil, para o modo rodoviário de carga e de passageiros, já existe disponibilidade comercial (testados e aprovados) de aquisição de veículos que utilizam o biometano como combustível. Estes veículos podem receber tanto o biometano como o GNV, ou a mistura em qualquer proporção dos dois. Portanto, podem trafegar onde tem e onde não tem biometano, tendo em vista que a oferta de GNV é razoavelmente grande no Brasil. O PNE 2050 sugere o Biometano como uma das macroestratégias energéticas para 2050.</p> <p>Segundo o PNE 2050, para o desenvolvimento pleno da tecnologia de novos combustíveis, é necessário facilitar o acesso adequado à infraestrutura de distribuição, oferecer condições que permitam a produção, a disponibilização e a comercialização de combustíveis e, eventualmente, o fomento a políticas de incentivo de utilização em frotas governamentais e privadas. É necessário ainda promover o devido mapeamento e o conhecimento das tecnologias, seja através de P&D, implementação de projetos pilotos, parcerias entre centros tecnológicos e empresas privadas, etc.</p> <p>Desta forma, esta estratégia busca delinear ações para incentivar o uso do biometano em veículos de carga e passageiros no modo de transporte.</p>
	2. Eletrificação	<p>2.1. Eletrificação dos veículos do transporte coletivo de passageiros urbanos</p>	<p>A Eletrificação é apontada pelo IPCC (2022) como uma das principais rotas de mitigação de emissões do setor de transportes. No Brasil, o PNE 2050 indica uma gradual inserção da eletrificação nos meios de transporte. Essa estratégia visa a criar um conjunto de ações para incentivar a gradual eletrificação dos veículos urbanos do transporte coletivo de passageiros.</p>

<p>Minimização das Emissões</p>	<p>2. Eletrificação</p>	<p>2.2. Eletrificação de veículos leves (Full Elétric ou Híbrido)</p>	<p>A Eletrificação é apontada pelo IPCC (2022) como uma das principais rotas de mitigação de emissões do setor de transportes. No Brasil, o PNE 2050 indica uma gradual inserção da eletrificação nos meios de transporte, considerando uma parcela significativa da frota composta por veículos híbridos, com alinhamento com estratégias de biocombustíveis. Essa estratégia visa a criar um conjunto de ações para incentivar a gradual eletrificação dos veículos leves.</p>
<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>3. Mobilidade urbana de baixo carbono</p>	<p>3.1. Incentivos à utilização da mobilidade ativa como meio de transporte de passageiro e de carga</p>	<p>Mobilidade ativa pode ser definida como o meio de transporte onde o indivíduo é o responsável pelo seu deslocamento. Nesse contexto, considera-se como mobilidade ativa o transporte por bicicleta, por e-bike (bicicleta elétrica, onde se pode pedalar ou usar o pequeno motor elétrico) e o deslocamento a pé. No caso de bicicletas e e-bikes, sugere-se que sejam criadas políticas públicas no nível estadual para incentivar o uso da bicicleta como meio de transporte de passageiro e de carga no ES. Essa estratégia visa a criar um conjunto de ações para incentivar mobilidade ativa como meio de transporte de passageiro e de carga.</p>
		<p>3.2. Incentivar o uso do transporte público coletivo de passageiros</p>	<p>O incentivo do transporte público coletivo de passageiros passa primordialmente pelo aumento do conforto no ônibus (menos pessoas em pé), mais segurança dentro dos ônibus, nos pontos e nos terminais, e aumento da frequência dos ônibus nas paradas das rotas visando um menor intervalo de espera do passageiro.</p> <p>Com essas melhorias no transporte coletivo (público) de passageiros, poder-se-á atrair os passageiros que utilizam o veículo leve particular para se deslocar para o sistema de transporte público de passageiros, reduzindo a frota de veículos leves em circulação. Diminuindo a frota, diminuirão também as emissões por passageiro transportado, mesmo que aumente a frota circulante de ônibus. Esta estratégia busca desenhar ações para incentivar o uso do transporte público coletivo de passageiros.</p>

Aumento da Eficiência	3. Mobilidade urbana de baixo carbono	<p>3.3. Implantação do transporte coletivo por meio do modo ferroviário (Veículo Leve sobre Trilhos - VLT)</p> <p>Uma possibilidade para incentivar a migração do passageiro do transporte particular com veículo leve para o transporte público de passageiros é o transporte de passageiros por meio do modo ferroviário (Veículo Leve sobre Trilhos - VLT) largamente utilizados em países da Europa.</p> <p>Como os VLTs são uma opção de transporte público de grandes massas de passageiros de forma confortável, rápida, segura e movidos a energia elétrica, ele poderia atrair muitas pessoas que utilizam o veículo leve por falta de um transporte com tantas características positivas como o VLT apresenta. Esta estratégia busca desenhar ações para viabilizar a implantação do VLT no uso do transporte público coletivo de passageiros.</p>
		<p>3.4. Implantação de <i>Smart Mobility</i> (Mobilidade Inteligente) nas cidades de médio e grande porte do ES</p> <p>Uma das tecnologias preconizadas pelo IPCC (IPCC, 2022) é o conceito de <i>Smart Mobility</i>, que abrange uma variedade grande de conhecimentos e tecnologias para que possa ser empregada. Ela tem por objetivo a melhoria da sustentabilidade e eficiência da mobilidade urbana por meio do deslocamento mais rápido e sem interrupções, portanto, mais fluída nas cidades.</p> <p>De forma prática, por meio do monitoramento das vias da cidade e do fluxo por elas, o deslocamento de qualquer tipo de veículo pode ser planejado para ser realizado nos horários mais adequados que não gere tantas retenções. Aliado a isso, os semáforos podem ser ajustados para dar maior fluxo para as vias mais congestionadas, evitando assim engarrafamentos. Ônibus, caminhões e outros veículos podem ser monitorados para programar entregas em horários mais adequados e com acompanhamento dos seus respectivos usuários.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para viabilizar a implantação do conceito de <i>Smart Mobility</i> ao transporte do ES.</p>

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>4. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>4.1. Estímulo à neutralização das emissões por meio de compensação de emissões e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE</p>	<p>Mecanismos de compensação de emissões são um vetor importante no caminho para a neutralidade de emissões de GEE. Além de promover a compensação de emissões para setores de difícil descarbonização, a compensação de emissões pode funcionar como fonte adicional de investimento nas ações de descarbonização, como recomposição e preservação florestal.</p> <p>Desta forma, setores que tenham dificuldade de neutralizar totalmente suas emissões podem compensar parte de suas emissões apoiando financeiramente projetos de captura de carbono no ES. Caberia ao Governo montar esta estrutura de negociação entre “projetos de remoção” e aqueles que precisam apoiar projetos de remoção para compensar suas emissões, ou negociação de créditos de carbono.</p> <p>Empresas ou entidades que conseguissem a neutralização por ações próprias ou compensação de emissões receberiam uma certificação do Estado, por meio de um Selo de Carbono Neutro. A certificação pode ser um importante mecanismo comercial, principalmente para os envolvidos no comércio exterior e/ou um mecanismo de gratificação para os atores envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para estimular a neutralização das emissões por meio de compensações e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Esta estratégia apresenta forte transversalidade entre os setores da economia, havendo estratégias análogas em cada uma das áreas estratégicas.</p>
---	---	---	---

Tabela 24. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área de temática AFOLU.

 AFOLU			
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Estratégia	Descrição
Minimização das Emissões	1. Descarbonização pelo uso da terra	1.1. Implantação de sistemas integrados agricultura, pecuária e floresta	<p>No setor AFOLU do Estado do Espírito Santo, a pecuária é responsável pela maior parte das emissões de gases de efeito estufa, devido principalmente à fermentação entérica dos ruminantes. Em contrapartida, os solos utilizados para esta atividade também podem remover ou sequestrar CO₂ atmosférico, dependendo da forma como são manejados. Aliado a recuperação das pastagens e a técnica de plantio direto, juntamente com outras propostas do Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), a implantação de sistemas integrados, principalmente com espécies arbóreas, pode trazer um balanço positivo para a atividade.</p> <p>A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agro ecossistema. Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são descritos como sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas e forrageiras, em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações desses componentes.</p> <p>Os benefícios desses sistemas são inúmeros. Para o produtor, há a diversificação das atividades produtivas, que gera mais segurança financeira, passando a contar com a renda oriunda da nova atividade, e ainda com a possibilidade de venda de créditos de carbono. Para o meio ambiente, a integração também reduz o uso de agroquímicos, a abertura de novas áreas para fins agropecuários e o passivo ambiental, possibilitando ao mesmo tempo o aumento da biodiversidade e do controle dos processos erosivos com a manutenção da cobertura do solo, e ainda, aliada a práticas conservacionistas, como o plantio direto, se constitui em uma alternativa econômica e sustentável para elevar a produtividade de áreas degradadas. Para o gado, existem diversos estudos que demonstram o aumento do conforto animal devido o sombreamento das árvores integradas às áreas de pastagem.</p>

Minimização das Emissões	1. Descarbonização pelo uso da terra	<p>1.2. Recuperação de pastagens degradadas</p> <p>No Estado do Espírito Santo o efetivo de bovinos segundo o IBGE em 2017 foi de 1,650 milhões de cabeças, sendo a maioria dos animais de corte e leite criados em sistema de pastagens, numa área de 1,473 milhões de ha, representando 45% das terras capixabas. Desse total, cerca de 11% encontram em processo de degradação, o que corresponde a 157 mil ha.</p> <p>A degradação das pastagens tem várias causas, sendo as mais comuns o uso contínuo da pastagem sem a reposição de nutrientes via adubação, manejo inadequado e taxas de lotação impróprias para a área. Conceitualmente é o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais. Este processo também tem impacto na capacidade do sistema de produção em superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, que culminam na degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados. Com o avanço do processo de degradação, verifica-se perda de cobertura vegetal e redução no teor de matéria orgânica do solo, com resultante aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera.</p> <p>Recuperar uma pastagem consiste no restabelecimento da produção de forragem de acordo com o interesse econômico. A recuperação de pastagens degradadas, o seu adequado manejo e a manutenção da produtividade contribuem para mitigar a emissão dos gases do efeito estufa através do aumento de estoque de carbono atmosférico no solo. Por fim, o aumento de produtividade das pastagens recuperadas possibilita a liberação de áreas para atividades agrícolas, florestais e de preservação, aumentando também a oferta de serviços ambientais, reduzindo a abertura de novas áreas de ecossistemas naturais.</p>
		<p>1.3. Promoção de práticas conservacionistas no manejo do solo e de resíduos.</p> <p>O manejo adequado do solo gera aumento da quantidade de matéria orgânica, melhoria de sua qualidade, promovendo a fixação de carbono, melhor eficiência da atividade microbiana e até mesmo absorção de nutrientes pelas plantas. O manejo adequado do solo também mitiga de forma eficiente a erosão e perdas de nutrientes, ao mesmo tempo que proporciona melhoria da produtividade. As técnicas empregadas variam desde uso de fertilizantes apropriados até o uso de leguminosas em áreas de pastagem e o manejo adequado de dejetos oriundos da avicultura, suinocultura e bovinocultura intensiva. Além de contribuir de maneira significativa para a fixação de CO₂ no solo, o manejo adequado é um importante instrumento de aumento de produtividade.</p>

Minimização das Emissões

1. Descarbonização pelo uso da terra

1.4. Promoção de práticas de redução dos gases da fermentação entérica

Os bovinos são animais ruminantes que conseguem utilizar de forma eficiente a fibra contida em pastagens e em outros alimentos para obtenção de energia e produção de carne, leite, lã etc. A fermentação entérica é um processo natural desses animais e como resultado final desse processo digestivo ocorre a eliminação de cerca de 95% de gás metano através da eructação. A maior parte desse gás é produzido por animais criados em pastagens que, em grande proporção, encontram-se degradadas, sendo também esse sistema de criação o mais utilizado no ES. A ineficiência dos processos produtivos na criação de bovinos de forma extensiva ocasiona maiores emissões de metano por unidade de produto de origem animal produzido.

É possível, através da manipulação da dieta, melhoramento genético e manejo de pastagens, reduzir a produção de metano entérico pelos bovinos e aumentar a eficiência no processo de produção de bovinos.

Manipulando a composição nutricional da alimentação de ruminantes pode-se alterar a produção de metano, haja visto que a composição e qualidade dos alimentos interferem na fermentação e nos produtos resultantes da fermentação ruminal. A produção de metano no rúmen é menor em animais cujas dietas são balanceadas e constituídas de alimentos menos fibrosos (concentrados) ou com fibras mais digestíveis. A emissão de gases em forma de metano varia entre 4 e 12% da energia bruta do alimento ingerido, sendo em média de 8%, dependendo das características da dieta. Os modificadores ruminais adicionados às dietas de bovinos como aditivos alimentares (ionóforos), enzimas, extratos de plantas (taninos, saponinas), óleos essenciais, lípidos na dieta, também são uma opção para redução de gases de efeito estufa emitidos pelos animais. Essas substâncias agem direta ou indiretamente inibindo as bactérias/arqueias metanogênicas.

Com animais melhorados geneticamente é possível aumentar o desempenho produtivo animal através do fornecimento de dieta de acordo com a exigência do animal que consegue responder com maior produtividade/kg de alimento ingerido.

Já com o manejo adequado da pastagem é possível favorecer a produção animal através do fornecimento do capim com melhor valor nutricional o que refletirá positivamente no desempenho animal, na redução do ciclo de produção animal a pasto além de evitar a degradação das pastagens. Assim como o manejo das pastagens, têm - se a taxa de lotação animal adequada a área de pasto e a fertilidade do solo que são igualmente importantes para o sucesso da bovinocultura a pasto. Pastagens produtivas e manejadas adequadamente, além de propiciarem condições favoráveis para aumentos significativos no desempenho animal e índices zootécnicos, também podem absorver grande parte do carbono emitido pela atividade pecuária, tornando-se componente importante no balanço de GEE.

<p>Minimização das Emissões</p>	<p>1. Descarbonização pelo uso da terra</p>	<p>1.5. Erradicação do desmatamento da Mata Atlântica e monitoramento e controle de incêndios</p>	<p>Em nível nacional, o desmatamento e os incêndios florestais estão entre os principais causadores da emissão de gases de efeito estufa. No caso específico do Estado do Espírito Santo, não há indícios de que estas sejam as principais fontes de emissão, mas também não existem fontes de dados definitivas e fidedignas que atestem o contrário. Na verdade, considerando as bases de dados atualmente disponíveis, especialmente em nível estadual, há uma grande incerteza sobre o impacto destas duas fontes de emissão na contabilidade do balanço dos gases de efeito estufa. Além disso, mesmo que se conclua que atualmente estas duas fontes de emissão não sejam as mais significativas no balanço geral, elas apresentam grande potencial para o agravamento do problema, especialmente os passivos florestais, que estocam grandes quantidades de carbono.</p> <p>É importante lembrar que a erradicação do desmatamento, muito mais do que uma meta, é uma exigência legal, tendo em vista que o bioma predominante no ES é a Mata Atlântica, na qual é expressamente vedado o corte raso, e mesmo o corte seletivo só pode ocorrer mediante plano de Manejo aprovado por órgão competente. Nesse sentido, mecanismos de comando e controle são fundamentais para se combater o desmatamento.</p> <p>Sendo assim, a necessidade de monitoramento e controle destes estoques de carbono deve ser permanente, uma vez que, a qualquer momento, podem ocorrer mudanças de conjuntura econômica e social, o que poderia se reverter em uma utilização destes estoques com consequente liberação de carbono para a atmosfera.</p>
<p>Aumento da Eficiência</p>	<p>2. Promoção de melhor aproveitamento do uso da terra</p>	<p>2.1. Promoção de sistemas produtivos agropecuários sustentáveis</p>	<p>O aumento da produtividade com sustentabilidade está fortemente relacionado com melhores técnicas de cultivo, uso de material genético e técnicas adequadas, o que permite ganhos diretos e indiretos e otimização dos recursos. Por exemplo, nos últimos 30 anos, o Estado quadruplicou a produção de café utilizando menor área plantada. Nesse novo contexto, haverá produtores com maior grau de tecnificação, resultando em significativo aumento da produção por hectare e por tonCO₂e emitido.</p> <p>Assim, esta estratégia busca criar ações específicas para fomentar e difundir os princípios atuais de boas práticas operacionais no setor, criando programas para promover o aumento de produtividade por área de cultura, e conseqüentemente, a redução das emissões por unidade na produção agropecuária do ES.</p>

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>3. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>3.1. Estímulo à certificação de créditos de carbono no setor (Mercado Voluntário de Carbono)</p>	<p>O mercado de carbono tem crescido substancialmente nos últimos anos, com algumas empresas do setor projetando um crescimento de até 15 vezes do mercado até 2030²⁵. Neste contexto, a inserção do produtor rural no mercado de créditos de carbono torna-se extremamente importante. Entretanto os custos de certificação de créditos são proibitivamente elevados para pequenos e médios produtores. Neste contexto, esta estratégia busca delinear ações que viabilizem a participação de produtores do ES, por meio de apoio técnico no processo de certificação e comercialização de créditos. O ES tem um projeto em elaboração nesta linha de trabalho, o Programa Estadual de Carbono.</p> <p>É importante destacar que esta estratégia requer não apenas o apoio técnico no processo de certificação e comercialização de créditos, mas também a criação de uma câmara de compensação de créditos do ES, favorecendo que os créditos gerados no ES sejam, preferencialmente, comercializados no ES como parte das compensações de setores de difícil descarbonização e estimulando projetos de remoção de GEE da atmosfera no ES. Além disso, créditos gerados (redução de emissões) no ES que sejam comercializados para fora do Estado devem ser registrados e não contabilizados nas reduções do ES, para evitar dupla contagem.</p> <p>Esta estratégia busca delinear ações para apoio à certificação, criação da câmara de compensação e “comercialização” de créditos entre setores do ES. Esta estratégia apresenta forte transversalidade entre os setores da economia, havendo estratégias análogas em cada uma das áreas estratégicas.</p>
---	---	--	--

²⁵ <https://exame.com/inovacao/credito-de-carbono-deve-aumentar-15-vezes-ate-2030/>

<p>Mecanismos de Compensação de Emissões</p>	<p>3. Estímulo a medidas de compensação de emissões de GEE</p>	<p>3.2. Estímulo à neutralização das emissões por meio de compensação de emissões e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE</p>	<p>Mecanismos de compensação de emissões são um vetor importante no caminho para a neutralidade de emissões de GEE. Além de promover a compensação de emissões para setores de difícil descarbonização, a compensação de emissões pode funcionar como fonte adicional de investimento nas ações de descarbonização, como recomposição e preservação florestal.</p> <p>Desta forma, setores que tenham dificuldade de neutralizar totalmente suas emissões podem compensar parte de suas emissões apoiando financeiramente projetos de captura de carbono no ES. Caberia ao Governo montar esta estrutura de negociação entre “projetos de remoção” e aqueles que precisam apoiar projetos de remoção para compensar suas emissões, ou negociação de créditos de carbono.</p> <p>Produtores que conseguissem a neutralização por ações próprias ou compensação de emissões receberiam uma certificação do Estado, por meio de um Selo de Carbono Neutro. A certificação pode ser um importante mecanismo comercial, principalmente para os envolvidos no comércio exterior, e/ou um mecanismo de gratificação para os atores envolvidos no envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.</p> <p>Esta estratégia busca desenhar ações para estimular a neutralização das emissões por meio de compensações e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Esta estratégia apresenta forte transversalidade entre os setores da economia, havendo estratégias análogas em cada uma das áreas estratégicas.</p>
---	---	---	---

**Remoção e
Captura de
GEE**

**4. Remoção de GEE
da atmosfera**

**4.1. Implantação
de florestas
comerciais**

Do que atualmente se sabe sobre as melhores estratégias para se retirar carbono da atmosfera, os plantios florestais estão entre os mecanismos mais eficientes em converter o carbono atmosférico em biomassa por meio da fotossíntese. Além de ser uma forma das mais eficientes, o que é função especialmente da grande produtividade de biomassa que atualmente se consegue obter graças ao desenvolvimento tecnológico e às questões ligadas ao solo e ao clima, trata-se também de uma das maneiras mais baratas de se realizar esta conversão. Em síntese, pode-se dizer que os plantios florestais se apresentam como uma das alternativas com melhor custo-benefício para retirar carbono da atmosfera. Se fossem vistos apenas como uma estratégia para sequestrar carbono, eles já seriam uma das melhores opções, mas essencialmente as florestas implantadas se constituem em uma atividade econômica das mais relevantes, movimentando diversas cadeias produtivas, uma vez que a madeira, que é o principal produto, apresenta uma gama de usos.

Considerando o significativo crescimento do mercado de carbono e a valorização dos créditos de carbono neste mercado, pode-se dizer que as formas tradicionais de realizar plantios florestais como atividade econômica tendem a se potencializar uma vez que o crédito de carbono passe a ser mais um produto econômico da floresta, tornando este tipo de atividade mais atrativa.

É importante considerar que a produção florestal demanda um tempo maior do que os produtos agrícolas, o que implica em aumento de riscos, associados ao processo produtivo (ocorrência de secas, pragas, doenças, incêndios), mas principalmente ao mercado comprador do produto. É comum que o produtor florestal após alguns anos cultivando a floresta, no momento ideal da colheita não encontre preços atrativos ou mesmo compradores interessados em adquirir o seu produto. Sendo assim, uma estratégia que vise a aumentar a área de plantios florestais deve se preocupar com o mercado comprador. Uma das maneiras de melhorar esta relação é estruturar as cadeias produtivas, fazendo com que o interessado no produto florestal se conecte com potenciais produtores.

Remoção e Captura de GEE	4. Remoção de GEE da atmosfera	4.2. Restauração da Mata Atlântica	<p>Entre os biomas brasileiros, no intervalo de 2000 a 2018, a Mata Atlântica foi responsável por 14% das remoções totais, fixando 1,25 GtCO₂e, sendo o aumento do sequestro de carbono neste bioma atribuído principalmente à regeneração da vegetação secundária. Segundo dados do SEEG, o estoque de carbono em florestas da Mata Atlântica é de 130,38 toneladas de carbono por hectare, e a taxa de remoção das florestas primárias é de 0,32 tonC/ha/ano, enquanto nas florestas secundárias a taxa é de 1,66 tonC/ha/ano, para as estimativas de restauração.</p> <p>O Governo do Estado do Espírito Santo possui ações de políticas públicas já consolidadas de incentivo à restauração da Mata Atlântica, como o programa Reflorestar, que até o ano de 2019 recuperou um total de 9778,71 ha na forma de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) em diferentes municípios do Estado. Tal plano foi originalmente concebido para preservação dos recursos hídricos do ES. Em alinhamento com a nota técnica que estabelece as ações para construção do Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), aprovada pelo Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas, esta estratégia visa a potencializar o Programa Reflorestar, integrando-o com as metas climáticas do ES.</p> <p>Esta estratégia tem o objetivo de desenhar instrumentos de política pública para potencializar as ações do Programa Reflorestar, ampliando o potencial de restauração da Mata Atlântica do ES.</p>
		4.3. Incentivo à regularização ambiental das propriedades rurais e criação de Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN)	<p>O Estado do Espírito Santo, era em sua totalidade formado por diferentes formações vegetacionais pertencentes à Mata Atlântica. Atualmente, segundo Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, restam 12,6% de área preservada no território capixaba. Preservar esses remanescentes florestais é de suma importância, não só pela conservação da biodiversidade, mas também pela manutenção do estoque de carbono, de forma que, para ajudar a conter o desmatamento, a criação de áreas protegidas por lei é uma importante estratégia.</p> <p>Segundo o cadastro nacional de unidades de conservação, no Espírito Santo existem 121 UC nas três esferas administrativas; deste total, 54 unidades são RPPN. Nesta categoria é permitido o uso direto dos recursos naturais, envolvendo coleta e uso, comercial ou não, desde que de forma manejada e equilibrada. Assim, o proprietário pode continuar a obter recursos financeiros da área, desde que sustentavelmente. É preciso criar estímulos para que os proprietários rurais explorem esta modalidade de uso da terra.</p> <p>Além da criação de RPPNs, o incentivo à regularização ambiental, que tem como foco desenvolver ações que identifiquem seus gargalos e auxiliem o produtor rural a recompor os passivos da propriedade por meio de apoio técnico e implementação de tecnologias de baixa emissão de carbono, deve ser fomentado.</p>

**Remoção e
Captura de
GEE**

**5. Gratificação
por manutenção
de estoque
de carbono**

**5.1. Compensação
por serviços
ambientais**

Considerando o elevado potencial de manutenção de estoque carbono da atividade Agropecuária, esta estratégia busca construir ações para gratificação aos produtores rurais responsáveis pela manutenção de estoque carbono. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.

É importante ter em mente que as estratégias de gratificação diferem das obrigações legais que normalmente são impostas ao setor produtivo por meio de ferramentas de comando e controle, que muitas vezes são de baixa efetividade por falta de capacidade do Estado e por gerar resistências por parte daqueles que são penalizados. Assim, embora as ferramentas de comando e controle sejam importantes, uma vez complementadas por políticas de compensação ambiental, sua eficiência pode melhorar sensivelmente. Estudos mostram que a compensação por serviços ambientais costuma ser uma ótima ferramenta de conscientização bem como um ótimo instrumento de mudanças culturais acerca de temas controversos em relação ao meio ambiente e seu manejo sustentável.

Tabela 25. Estratégias para neutralização de emissões de GEE para a área temática de Resíduos.

 Resíduos			
Políticas Estratégicas	Diretrizes	Estratégia	Descrição
Minimização das Emissões	1. Controle de perdas em aterros sanitários	1.1. Ampliar coleta e queima ativa de biogás em aterros sanitários	Esta estratégia busca delinear ações para ampliar a coleta e queima ativa de biogás em aterros sanitários, envolvendo ações que incluem desde incentivos para a coleta e queima de biogás e controle de emissão, até a implantação de taxas ou tarifas para manejo de RSU para a sustentabilidade econômica de sistemas robustos e capacitação gestores municipais.
		1.2. Ampliar aterros com estratégias que reduzam emissões superficiais	Esta estratégia busca delinear ações para evitar a perda superficial de GEE, ampliando a eficiência da cobertura em aterros, formalizando a necessidade de estabelecimento de plano de redução/ neutralização na emissão de GEE no processo de licenciamento ambiental de aterros, envolvendo ações que incluem desde incentivos financeiros e não-financeiros até a capacitação de gestores municipais.
		1.3. Erradicar lixões e aterros controlados e combate à queima de resíduos a céu aberto	Esta estratégia busca delinear ações para erradicar lixões e aterros controlados, bem como o combate à queima de resíduos a céu aberto, envolvendo ações que incluem desde fomentar a formalização de consórcios intermunicipais para gerenciamento integrado de resíduos sólidos e priorizar o processo de licenciamento ambiental de destinações para resíduos até ampliar fiscalização e promover ações de educação ambiental.

Minimização das Emissões	2. Desvios de orgânicos em aterros sanitários	<p>2.1. Ampliar destinação de resíduos verdes de RLU para compostagem ou metanização</p>	<p>Esta estratégia busca delinear ações para ampliar destinação de resíduos verdes de RLU para compostagem ou metanização (preferencialmente com aproveitamento energético), envolvendo ações que incluem desde incentivos econômicos ou priorização no licenciamento para destinações em compostagem e metanização com recuperação energética, até desonerar a cadeia de coleta e transporte de resíduos verdes de RLU, além de descrever como critérios para prestação de serviços de limpeza urbana aquelas que empreguem compostagem ou metanização com aproveitamento energético.</p>
		<p>2.2. Ampliar destinação da fração orgânica de RAA para compostagem ou metanização</p>	<p>Esta estratégia busca delinear ações para ampliar destinação da fração orgânica de RAA para compostagem ou metanização (preferencialmente com aproveitamento energético), envolvendo ações que incluem desde capacitar secretarias municipais para priorizar o licenciamento ambiental para compostagem ou metanização com aproveitamento energético, taxar geradores que dispõem resíduos orgânicos em células de aterros sem coleta e queima ativa de biogás até desonerar a cadeia de coleta e transporte de resíduos.</p>
		<p>2.3. Ampliar destinação de lodos de ETE provenientes de RSPS para compostagem ou metanização</p>	<p>Esta estratégia busca delinear ações para destinação de lodos de ETE provenientes de RSPS para compostagem ou metanização (preferencialmente com aproveitamento energético), envolvendo ações que incluem desde incentivos para destinações em compostagem e metanização até fomentar a redução de impostos, taxas ou tarifas para empreendimentos que promovam a destinação de resíduos para compostagem ou metanização com aproveitamento energético.</p>

Minimização das Emissões	3. ETE com aproveitamento energético	3.1. Ampliar a implantação de sistemas de coleta e queima de biogás (com ou sem aproveitamento energético)	<p>Esta estratégia busca delinear ações para ampliar a implantação de sistemas de coleta e queima de biogás, envolvendo ações que incluem desde instituir no processo de licenciamento ambiental a obrigatoriedade de coleta e queima de biogás e um plano de redução/neutralização de GEE em ETE anaeróbias aplicadas a afluentes sanitários e industriais até ações para ampliar fiscalização/regulação e capacitar gestores públicos e privados.</p>
Aumento da Eficiência	4. Produção de energia em aterros sanitários	4.1. Fomentar a ampliação de aproveitamento energético de biogás em aterros	<p>Esta estratégia busca delinear ações para fomentar a ampliação de aproveitamento energético de biogás em aterros, envolvendo ações que incluem desde incentivos econômicos até a priorização do processo de licenciamento ambiental para a recuperação de biogás de aterros sanitários, bem como prover sustentabilidade financeira a operação de aterros sanitários sustentáveis.</p>
	5. Eficiência energética de ETE	5.1. Incentivo a sistemas energeticamente eficientes	<p>Esta estratégia busca delinear ações para fomentar projetos de aumento de eficiência energética em ETE aeróbias, envolvendo a necessidade de implementação de programa de eficiência energética para operação destes sistemas durante o processo de licenciamento ambiental, capacitação de gestores, ampliação de fiscalização e regulação e outras medidas que favoreçam a implantação de/substituição por sistemas energeticamente eficientes.</p>

Mecanismos de
Compensação
de Emissões

6. Estímulo a
medidas de
compensação de
emissões de GEE

6.1. Estímulo à
neutralização das emissões
por meio de compensação
de emissões e mecanismos
de gratificação aos
envolvidos no processo de
redução das emissões de
GEE

Mecanismos de compensação de emissões são um vetor importante no caminho para a neutralidade de emissões de GEE. Além de promover na compensação de emissões, para setores de difícil descarbonização, a compensação de emissões pode funcionar como fonte adicional de investimento nas ações de descarbonização, como recomposição e preservação florestal.

Desta forma, setores que tenham dificuldade de neutralizar totalmente suas emissões podem compensar parte de suas emissões apoiando financeiramente projetos de captura de carbono no ES. Caberia ao Governo montar esta estrutura de negociação entre “projetos de remoção” e aqueles que precisam apoiar projetos de remoção para compensar suas emissões, ou negociação de créditos de carbono.

Empresas que conseguissem a neutralização por ações próprias ou compensação de emissões receberiam uma certificação do Estado, por meio de um Selo de Carbono Neutro. Este pode ser um importante mecanismo de engajamento de empresas no processo de mitigação e/ou compensação de suas emissões.

Esta estratégia propõe que atores envolvidos no processo de redução das emissões de GEE ou com emissões totalmente neutralizadas (Selo Carbono Neutro) sejam gratificados. Neste contexto, a gratificação vai além do pagamento monetário, podendo incluir isenções fiscais e tarifárias; favorecimento para obtenção de crédito; garantia ou preferência de acesso a mercados; programas especiais ou serviços públicos; disponibilidade e direcionamento de subsídios à produção; oferta de tecnologia, equipamentos e infraestrutura e apoio em termos de capacitação, treinamento e assistência técnica.

Esta estratégia busca desenhar ações para estimular a neutralização das emissões por meio de compensações e mecanismos de gratificação aos envolvidos no processo de redução das emissões de GEE. Esta estratégia apresenta forte transversalidade entre os setores da economia, havendo estratégias análogas em cada uma das áreas estratégicas.



4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento representa o produto da primeira fase da execução do Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do ES, ou seja, a Versão I (Versão Orientativa), que apresenta um Diagnóstico da situação atual do ES e a definição de Diretrizes globais e estratégias/caminhos tecnológicos a serem empregados, incluindo a visão dos stakeholders envolvidos.

Na próxima fase de execução do Plano, serão identificadas pelos Stakeholders as barreiras para implementação. Desta forma, para cada estratégia/tecnologia proposta neste documento devem ser elencados desafios para sua implementação, classificados em 4 grupos principais:

- Barreiras técnicas ou tecnológicas
- Barreiras econômicas ou de mercado
- Barreiras institucionais ou regulatórias
- Barreiras culturais ou de informação

Cada barreira identificada requer projetos ou ações específicas para serem superadas. Estes projetos ou ações representam instrumentos de políticas públicas no contexto do Plano de Neutralização de Emissões de GEE. Esta análise conduzirá à execução da segunda fase do Plano, que tem conclusão prevista até dezembro de 2022. Nesta fase será construída a Versão II do Plano, considerada como Versão Intermediária, que amplia o detalhamento das ações de planejamento, detalhando as análises das estratégias/tecnologias e identificando as barreiras para implementação; definição de INDICADORES e METAS; e uma análise das limitações, potenciais e desafios de cada estratégia proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1992. NBR 8419: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1993. NBR 12808: Resíduos de serviços de saúde.
- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO – ASRP-ES, BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE ESPÍRITO SANTO BEES 2021 - ANO BASE 2020, 2022, <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Boletins/Balan%C3%A7o%20Energ%C3%A9tico/BEES2021-Base2020.pdf>.
- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO – ASRP-ES, Informações Energéticas do Espírito Santo – Janeiro a Março 2022, 2022b, disponível em: https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Boletins/Boletins/1INFORMACOES_ENERGETICAS_JAN_MAR_2022.pdf.
- AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - ASPE, Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades, 2013, disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/EnergiaSolarES.pdf>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, Portal da GD-ANEEL. Acesso em 29/05/2022, 2022b, Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica, Acesso em 29/05/2022, 2022, disponível: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren20221005_2.pdf.
- Aghdam, E. F., Scheutz, C., Kjeldsen, P. (2019). Impact of meteorological parameters on extracted landfill gas composition and flow. *Waste Management*, 87, 905–914. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.045>.
- Ajanovic, A., Haas, R., ON THE ENVIRONMENTAL BENIGNITY OF ELECTRIC VEHICLES, 2019, *Journal of Sustainable Development of Energy Water and Environment Systems*, 7(3), DOI: [dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d6.0252](https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d6.0252).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA - ABESOLAR, Energia Solar Fotovoltaica no Brasil, 2022, disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA – ABRACEEL, Mercado livre de energia bate recorde de comercialização de fontes renováveis, 2022, disponível em: <https://abraceel.com.br/press-releases/2022/11/mercado-livre-de-energia-bate-recorde-de-comercializacao-de-fontes-renovaveis/>

BRASIL, 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei no 12.305.

BRASIL, LEI Nº 14.300 de 06 de janeiro de 2022, disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética Plano Nacional de Energia 2050 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020, disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, S. de Q.A., 2022. PLANARES - Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

C40 Cities, ICLEI, WRI, GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY-SCALE GREENHOUSE GAS INVENTORIES, 2014, disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf

CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS (CAGED). Painel de Informações do novo CAGED. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNWl5NWl0ODEtYmZiYy00Mjg3LTkzNWUtY2UyYjIwMDE1YWI2IiwidCI6IjNlYzkyOTY5LTZhNTctNGYxOC04YWM5LWVmOThmYmFmYTk3OCJ9&pageName=ReportSectionb52b07ec3b5f3ac6c749>. Acesso em 02/05/2022.

CEDAGRO. Dimensionamento do mercado capixaba de produtos florestais madeiráveis. 111 p. Vitória, Nov. 2011. Disponível em: <www.cedagro.org.br>. Acesso em 22/04/2022.

CEMC – Comissão Estadual de Mudanças Climáticas, Nota Conceitual para elaboração do Plano Estadual de Mudanças Climáticas, Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas, Vitória/ES, 2021.

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 2009. Resolução no 416.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT, 2022, Pesquisa CNT 2021, disponível em:
https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Sintese_dos_dados_Brasil_Regi%C3%B5es_e_UFs.pdf
- David, A.C., 2002. Secagem térmica de lodos de esgoto: Determinação da umidade de equilíbrio. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, BASES PARA A CONSOLIDAÇÃO DA ESTRATÉGIA BRASILEIRA DO HIDROGÊNIO, Nota Técnica, o EPE-DEA-NT-003/2021, 2021, disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20\(2\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20(2).pdf)
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, 2021b, disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, 2021c, disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20Sumario%20-%20PDE%202030_rvFinal.pdf
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, Mudanças climáticas e transição energética, <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>
- ESPÍRITO SANTO, 2019. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Disponível em: <https://seama.es.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos>.
- ESPÍRITO SANTO. SEAG. Secretaria do Estado e da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura: PEDEAG 3 2015-2030. Vitória, ES: Seag, 2016, 206 p.
- EUROPEAN UNION, 2021. EU hydrogen policy Hydrogen as an energy carrier for a climate-neutral economy [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf)
- EWALD, M. R.; GAMA, D. da; MORAES, S. V. M. Normalização para a cadeia reversa de eletroeletrônicos. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. (Org.). Gestão de

Resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 149-164.

Instituto 17, BIOGÁS NO BRASIL - POTENCIAL DE DESCARBONIZAÇÃO A CURTO PRAZO, 2021c, Technical report 03-2021. São Paulo: Instituto 17, disponível em: <https://ukbrep-files.s3.amazonaws.com/efa838-BIOGASNOBRASILPotencialdescarbonizacaoFINALb.pdf>

Instituto 17, BIOGÁS NO BRASIL - POTENCIAL OFERTA A CURTO PRAZO, 2021b, Technical report 02-2021. São Paulo: Instituto 17, disponível em: <https://ukbrep-files.s3.amazonaws.com/037c0e-BiogasBrasilPotencialOfertaaCurtoPrazo.pdf>

Instituto 17, BIOGÁS NO BRASIL, 2021, Technical report 01-2021. São Paulo: Instituto 17, disponível em: <https://ukbrep-files.s3.amazonaws.com/2669d6-barreiraserecomendacoesparabiogasnobrasil.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Censo Agropecuário 2006/2017. Disponível em https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/informativos.html Acesso em 29/04/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Cidades@, 2022, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Ranking e indicadores do setor pecuária. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/pesquisa/18/16459?tipo=ranking&indicador=16559&ano=202>. Acesso em 29/04/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, PORTARIA NORMATIVA Nº 14, DE 18 DE MARÇO DE 2022, 2022, disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-14-de-18-de-marco-de-2022-387160324>

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, Mapas de projetos em licenciamento - Complexos Eólicos Offshore, 2022, disponível em: <http://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. Painel Agro: Painel da produção agropecuária do Espírito Santo. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiYzVhOWZmOGItZWJjNi00MmUzLTg2Z>

GMtYzk0NDI2Y2UyMmFmliwidCl6IjhiMjA4ZmViLTlyMTYtNDQ1Zi1iZmQxLTk1MjU4ZDIkMjExMSJ9&pageName=ReportSection, Acesso em 25/04/2022.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL E INDUSTRIAL DO ESPÍRITO SANTO – IDEIES, 2021. Panorama da Indústria do Espírito Santo, Vol. 2. Espírito Santo: IDEIES.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL E INDUSTRIAL DO ESPÍRITO SANTO. Setores portadores de futuro para o Estado do Espírito Santo 2035. Espírito Santo: IDEIES, 2018.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL E INDUSTRIAL DO ESPÍRITO SANTO – IDEIES, 2022, Anuário da indústria do petróleo e gás natural no Espírito Santo 2021, disponível em: https://portaldaindustria-es.com.br/system/repositories/files/000/001/151/original/anuario_petroleo_2021_web_PORTUGUES.pdf?1651234686

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN, Espírito Santo Produto Interno Bruto (PIB) 2019, 2021, Vitória, ES, disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/component/attachments/download/7671>

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. PIB Espírito Santo 2019. Disponível em <http://www.ijsn.es.gov.br/artigos/6067-produto-interno-bruto-pib-estadual-2019>. Acesso em 29/04/2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, The Role of Gas in Today's Energy Transitions World Energy Outlook special report, 2021, disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-gas-in-todays-energy-transitions>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, Is carbon capture too expensive ?, 2021b, disponível em: <https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, 2022, disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>.

IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA, Panorama do Hidrogênio no Brasil, 2022, disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf

Lima, A. C. et al., POTENCIAL HÍDRICO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - ENERGIA, USO SUSTENTÁVEL E TECNOLOGIAS / HYDRIC POTENTIAL OF THE ESPÍRITO SANTO STATE (Br) - ENERGY, SUSTAINABLE USE AND TECNOLOGIES, IX CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO e 3ª EXPOABAR, Brasília - DF, agosto de 2015, disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2021/PotencialHidricoES2015-Artigo.pdf>.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI Resultados do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa por Unidade Federativa, Brasília, 2021, disponível em https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/livro_digital_5ed_estimativas_anuais.pdf

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI, SIRENE, Fator médio - Inventários corporativos, Brasília, 2021b, disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI, SIRENE, RESULTADOS DO INVENTÁRIO NACIONAL POR UNIDADE FEDERATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA, Brasília, 2022, disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/LO_GIZ_RESULTADOINVENTARIO_00_PAGINASINDIVIDUAIScompactado.pdf

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI, RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE NECESSIDADES TECNOLÓGICAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS DE AÇÃO CLIMÁTICA NO BRASIL: MITIGAÇÃO, Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021, ISBN: 978-65-87432-15-1, disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/clima/arquivos/avaliacao-das-necessidades-tecnologicas-para-implementacao-de-planos-de-acao-climatica-no-brasil/relatorio-de-avaliacao-de-necessidades-tecnologicas-para-implementacao-de-planos-de-acao-climatica-no-brasil-mitigacao.pdf>

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA – ONTL, Painel de Indicadores de Transporte e Logística, acesso em 05/2022, disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de-transporte-e-logistica/recursos-e-infraestrutura/rodoviario/>

- OC - Observatório do Clima, Sistema de Estimativa de Emissão de Gases do Efeito Estufa – SEEG, 2021, disponível em <https://seeg.eco.br/>
- Pedroza, M.M., Vieira, G.E.G., Sousa, J.F. de, Pickler, A. de C., Leal, E.R.M., Milhomen, C. da C., 2010. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Rev. Lib. 11, 147–158.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>
- Portal Solar, AS MAIORES USINAS DE ENERGIA SOLAR DO BRASIL, acesso em 06/06/2022, disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/maiores-usinas-de-energia-solar-do-brasil>
- Prefeitura de São Paulo, PLANCLIMA-SP: Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050, 2021, São Paulo, Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/secretaria_executiva_de_mudancas_climaticas/arquivos/planclimasp/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf
- Programa Brasileiro GHG, Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol - Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, FGV, 2011, disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf
- Rocky Mountain Institute – RMI, Run on Less with Hydrogen Fuel Cells, 2019, disponível em: <https://rmi.org/run-on-less-with-hydrogen-fuel-cells/#:~:text=In%20electrical%20terms%2C%20the%20energy,as%20a%20gallon%20of%20diesel.>
- SALLES, A.O.T; FELIPE, E.S. (org.). Espírito Santo: questões contemporâneas em economia. Coleção Corecon, volume 1. Vitória: Editora Milfontes, 2020. 207 p.
- SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J., A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores. Sustentabilidade em Debate, v. 6, n. 2, p. 88-105, 2015.
- SIEMENS ENERGY, Hydrogen infrastructure – the pillar of energy transition: The practical Conversion of long-distance gas networks to hydrogen operation, 2020, Disponível em: <https://assets.siemens-energy.com/siemens/assets/api/uuid:3d4339dc-434e-4692-81a0->

a55adbcaa92e/200915-whitepaper-h2-infrastructure-en.pdf?ste_sid=5b92b921fa7994a7e67b4514564f2b8c.

Silva, T. B, Delgado, F., LEAPFROGGING DO GÁS NATURAL NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: MAIS RENOVÁVEIS, MAIS TECNOLOGIAS E MAIS STRANDED ASSETS, 2018, COLUNA OPINIÃO, FGV ENERGIA, AGOSTO, disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opinioao_-_leapfrogging.pdf

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2020. Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2019. Brasília.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2021. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Visão geral. Brasília.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2022. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Gestão Administrativa e Financeira. Brasília, disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf

SOBRINHO, P.A., 2001. Tratamento de esgoto e produção de lodo., in: TSUTIYA, M.T. (Ed.), Biossólidos Na Agricultura. SABESP, São Paulo, pp. 7–40.

U.S. Energy Information Administration - EIA, HOW MUCH CARBON DIOXIDE IS PRODUCED PER KILOWATTHOUR OF U.S. ELECTRICITY GENERATION?, 2022, Acesso em 12/06/2022, disponível em: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=74&t=11#:~:text=In%202020%2C%20total%20U.S.%20electricity,CO2%20emissions%20per%20kWh>

Vale, ENERGIA, 2022, Acesso em: 12/06/2022, disponível em: <http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/Energia.aspx>

VALVERDE, S.R.; OLIVEIRA, G.G. DE; SOARES, T.S.; CARVALHO, R.M.A.M. Participação do setor florestal nos indicadores socioeconômicos do Estado do Espírito Santo. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.105-113, 2005.