

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia de Energia

**Avaliação da participação do Setor de Energia
Brasileiro nas Emissões de Gases do Efeito
Estufa no contexto Contribuição
Nacionalmente Determinada**

Autor: Nathália Akemi Tsuchiya Rabelo
Orientador: Prof. Dr. Jorge Andrés Cormane Angarita

Brasília, DF
2023



Nathália Akemi Tsuchiya Rabelo

**Avaliação da participação do Setor de Energia Brasileiro
nas Emissões de Gases do Efeito Estufa no contexto
Contribuição Nacionalmente Determinada**

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia de Energia) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia de Energia).

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Jorge Andrés Cormane Angarita

Brasília, DF

2023

Nathália Akemi Tsuchiya Rabelo

Avaliação da participação do Setor de Energia Brasileiro nas Emissões de Gases do Efeito Estufa no contexto Contribuição Nacionalmente Determinada/ Nathália Akemi Tsuchiya Rabelo. – Brasília, DF, 2023-

81 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Andrés Cormane Angarita

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2023.

1. Projeção. 2. Gases do Efeito Estufa. I. Prof. Dr. Jorge Andrés Cormane Angarita. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Avaliação da participação do Setor de Energia Brasileiro nas Emissões de Gases do Efeito Estufa no contexto Contribuição Nacionalmente Determinada

CDU 02:141:005.6

Nathália Akemi Tsuchiya Rabelo

**Avaliação da participação do Setor de Energia Brasileiro
nas Emissões de Gases do Efeito Estufa no contexto
Contribuição Nacionalmente Determinada**

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia de Energia) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia de Energia).

**Prof. Dr. Jorge Andrés Cormane
Angarita**
Orientador

Prof. Dr. Rafael Amaral Shayani
Convidado 1

Me. Gustavo Santos Masili
Convidado 2

Brasília, DF
2023

Resumo

No Acordo de Paris, em 2016, o Brasil apresentou as suas Contribuições Nacionalmente Determinantes (NDC na sigla em inglês), essas contribuições estipulam metas para a redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Este trabalho analisa a participação do setor de energia nas emissões de gases do efeito estufa (GEE) e o grau de cumprimento das metas da NDC brasileira de 2020. Para tal foi apresentada uma projeção de GEE ao final do prazo da NDC.

Com o objetivo de trazer uma abordagem completa ao estudo também foi elaborado um *dashboard*, um painel interativo, com diversas informações do setor de energia capazes de serem relacionadas com as NDC e com os esforços para as redução de GEE.

Palavras-chaves: GEE, Acordo de Paris, Setor de Energia

Lista de ilustrações

Figura 1 – Efeito Estufa	19
Figura 2 – Ambição das mais recentes NDCs em relação às versões iniciais	22
Figura 3 – matriz elétrica	25
Figura 4 – matriz energética	25
Figura 5 – Subsetores do Setor de Energia	26
Figura 6 – Atividades Setor de Energia	26
Figura 7 – Subsetores da Queima de combustível	27
Figura 8 – Trajetórias de mitigação que limitam o aquecimento global a 1,5°C	27
Figura 9 – Tecnologias para o NET ZERO	28
Figura 10 – Homocedasticidade	30
Figura 11 – Fluxograma de processos	34
Figura 12 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 1	44
Figura 13 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 2	44
Figura 14 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 3	45
Figura 15 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 4	45
Figura 16 – Previsão Setor de Industrias de Energia	46
Figura 17 – Correlação Setor Comercial e Público	47
Figura 18 – Previsão Setor Comercial e Público	48
Figura 19 – Correlação Setor Residencial	49
Figura 20 – Previsão Setor Residencial	50
Figura 21 – Correlação Setor Agropecuário	51
Figura 22 – Previsão Setor Agropecuário	52
Figura 23 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1	53
Figura 24 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2	53
Figura 25 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3	54
Figura 26 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4	54
Figura 27 – Previsão Setor de Transporte Rodoviário	55
Figura 28 – Correlação Setor Transporte hidroviário	56
Figura 29 – Correlação Setor Transporte ferroviário	56
Figura 30 – Correlação Setor Transporte aéreo	57
Figura 31 – Previsão Setor Transporte hidroviário	57
Figura 32 – Previsão Setor Transporte ferroviário	58
Figura 33 – Previsão Setor Transporte Aéreo	58
Figura 34 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1	59
Figura 35 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2	59
Figura 36 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3	60

Figura 37 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4	60
Figura 38 – Previsão Setor de Industrias de Transformação	61
Figura 39 – Resultados de previsão do cenário 1	62
Figura 40 – Resultados de previsão do cenário 2	63
Figura 41 – Resultados de previsão do cenário 1	64
Figura 42 – Resultados de previsão do cenário 4	65
Figura 43 – Participação dos subsetores para 2025 nos quatro cenários	66
Figura 44 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1	75
Figura 45 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2	75
Figura 46 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3	75
Figura 47 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4	76
Figura 48 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1	76
Figura 49 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2	76
Figura 50 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3	76
Figura 51 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4	77
Figura 52 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 1	77
Figura 53 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 2	77
Figura 54 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 3	77
Figura 55 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 4	78
Figura 56 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 1	79
Figura 57 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 2	79
Figura 58 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 3	79
Figura 59 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 4	79
Figura 60 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1	80
Figura 61 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2	80
Figura 62 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3	80
Figura 63 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4	80
Figura 64 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1	81
Figura 65 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2	81
Figura 66 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3	81
Figura 67 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4	81

Lista de abreviaturas e siglas

GEE	Gases do Efeito Estufa
BEN	Balanco Energético Nacional
PDE	Plano Decenal de Energia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
NDC, sigla em inglês	Contribuições Nacionalmente Determinantes
COP, sigla em inglês	Conferência das Partes
GTP, em inglês	Potencial de Temperatura Global
GWP, em inglês	Potencial de Aquecimento Global
IPCC, sigla em inglês	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPPU, sigla em inglês	Processos Industriais e Uso de Produtos
LULUCF, sigla em inglês	Mudança do Uso da Terra e Florestas
UNFCCC, sigla em inglês	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

Sumário

I	CAPÍTULO 1	17
1	REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1	Gases do Efeito Estufa	19
1.2	Contribuição Nacionalmente Determinada	20
1.3	Inventários de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa	21
1.4	Emissões de GEEs no Brasil e no mundo	24
1.4.1	Setor de Energia	24
1.4.1.1	Contabilização das Emissões do Setor de Energia	25
1.4.1.2	Subsetores do Setor de Energia	26
1.5	Regressão linear múltipla	28
II	CAPÍTULO 2	31
2	METODOLOGIA	33
2.1	Definição	33
2.2	Fluxograma de processos	33
2.2.1	Cenários 1 e 2	33
2.2.2	Cenários 3 e 4	35
2.2.3	Aplicação dos cenários	36
2.3	Coleta de dados	36
2.3.1	Tratamento de dados	37
2.4	Análise	38
III	CAPÍTULO 3	41
3	RESULTADOS	43
3.1	Setor de Indústrias de Energia	43
3.2	Setor Comercial e Público	47
3.3	Setor Residencial	49
3.4	Setor Agropecuário	51
3.5	Setor de Transporte Rodoviário	53
3.6	Demais Setores de Transporte	56
3.7	Setor de Indústrias de Transformação	59
3.8	Total Setor de Energia - Cenário 1	62
3.9	Total Setor de Energia - Cenário 2	63

3.10	Total Setor de Energia - Cenário 3	64
3.11	Total Setor de Energia - Cenário 4	65
IV	CAPÍTULO 4	67
4	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXOS	73
	ANEXO A – COMPARAÇÃO DO MODELO COM O REAL	75
	ANEXO B – RESÍDUOS	79

Introdução

Os anos mais quentes do mundo foram registrados nos últimos anos (NOAA, 2022) atualmente a terra está cerca de um grau mais quente que o período pré industrial, quando a atividade humana começou a interferir de forma significativa na temperatura terrestre. Segundo o Relatório AR5 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), “... é extremamente provável que mais do que a metade do aumento observado na temperatura média da superfície da Terra, no período que vai de 1951 a 2010, tenha sido causado pelo aumento das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) e outros ‘fatores’ causados pelo homem” (IPCC, 2014).

Os Gases do Efeito Estufa (GEE) são gases capazes de reter radiação que seria refletida pela terra, essa radiação absorvida aumenta a temperatura da Terra, contribuindo para o aquecimento global. O CO₂ é o principal GEE e sempre esteve presente na atmosfera terrestre, no entanto atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento contribuem para o aumento desses gases.

O aumento da temperatura média global isolado não aparenta riscos no entanto sabe-se que pequenas variações de temperatura afetam drasticamente na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos — como inundações, furacões, nível do mar e a acidez dos oceanos. Segundo (UNISDR, 2018) entre 1998 e 2017, 1,3 milhão de mortes e mais de 4,4 bilhões de feridos foram resultados dos de desastres climáticos.

É nesse sentido que organizações mundiais e nações se juntaram para discutir e . E com o intuito de conter o avanço do aquecimento global. Dessa forma, surgiram os acordos internacionais de mudanças climáticas, que de forma generalista estabelecem metas a cerca do nível de emissão de GEE, os principais agentes do aquecimento global.

Os acordos internacionais sobre mudança do clima foram instaurados com a implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês), em 1992. A partir desse momento os países participantes se reúnem anualmente para decidirem questões globais a cerca das mudanças climáticas, por meio de reuniões da Conferência das Partes (COP, sigla em inglês).

O primeiro acordo internacional surgiu em uma COP, em 1997, o Protocolo de Quioto. Esse acordo também foi o primeiro tratado climático ratificado pelo Brasil, em 2002. O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005 e visava reduzir os níveis de emissão de GEE em 5% até 2012 e 18% até 2020, em relação aos níveis de 1990. No fim do período de implementação do Acordo de Quioto, durante a 21^a COP, foi adotado um novo acordo climático, o Acordo de Paris. Esse diferentemente do anterior conta com metas mais rigorosas e a participação de mais países em desenvolvimento. A principal meta do acordo

é garantir que a temperatura média global não ultrapasse 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e limitar o aumento a 1,5 °C.

A fim de atingir essas metas, foi criada a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, sigla em inglês), a qual os países apresentam planos de ação nacionais para reduzirem as suas emissões de GEE. A NDC brasileira visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, e indica redução de 50% até 2030, em relação aos níveis de emissões estimados para 2005. Essas metas são acompanhadas pelo IPCC. Os relatórios de avaliação do IPCC são produzidos por três grupos de trabalho e tratam de questões específicas acordadas entre os países membros, incluindo o Brasil. Também é publicado os Relatórios de Metodologia que fornecem diretrizes práticas para a preparação de inventários de gases de efeito estufa.

É por meio dessas diretrizes que o Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE é produzido e publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O Inventário é um método de comunicação do Brasil com a UNFCCC e informa a comunidade internacional dos avanços do país com os compromissos climáticos. O inventário conta com as emissões e remoções de GEE relativas a cinco setores do país: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU, sigla em inglês); Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, sigla em inglês); e Resíduos.

Dentre esses cinco setores no último observou-se que a variação no setor de energia foi mais relevante que os demais. Em 2019 o setor representava 21% das emissões totais e em 2020 caiu para 18%. Além da diminuição da participação, o setor de energia teve uma variação negativa de 4,5% na emissão de GEE entre 2019 e 2020, sendo o único setor a diminuir suas emissões nesse período (MCTI, 2022). Diante do exposto esse trabalho utiliza como material o Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE e (MCTI, 2022) para projetar a emissão de GEE ao final do prazo da NDC, em 2025, e elaborar um *dashboard* de Emissões de GEE usando o conceito de Business Intelligence com o objetivo de responder a problemática: O Brasil é capaz de cumprir a NDC? Qual o impacto do setor de energia nas emissões de GEE?

Objetivos

Objetivos gerais

Avaliar estatisticamente os impactos do setor de energia na emissão GEE até 2025, data que representa o fim do primeiro período de implementação das metas de mitigação propostas na NDC Brasileira.

Objetivos Específicos

1. Avaliar comparativamente as contribuições do setor de energia para a emissão de GEE em relação aos outros setores.
2. Verificar quantitativamente o cumprimento das metas da NDC.

Organização do Trabalho

O trabalho será organizado em capítulos, nos quais:

- O capítulo 1 conta com os aspectos gerais do trabalho e o referencial teórico.
- No capítulo 2 é descrito a metodologia de como serão alcançados os objetivos propostos.
- O capítulo 3 apresenta os resultados do trabalho.
- No capítulo 4 as conclusões e análise dos resultados são apresentados.

Parte I

Capítulo 1

1 Referencial Teórico

1.1 Gases do Efeito Estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural da terra, no qual determinados gases com capacidade de absorver a infravermelha e dessa forma retêm a radiação que seria refletida para o espaço na atmosfera terrestre, não deixando que ela escape. Logo o aumento na emissão de GEE aumenta a energia total absorvida pelo sistema terrestre, aumentando sua temperatura. Esse acontecimento é chamado de efeito estufa.

Esse fenômeno é natural e devido a presença de uma atmosfera capaz de reter esses gases a temperatura média da terra se torna menos hostil para o ser humano. Sem a presença da atmosfera a temperatura média seria em torno de -18°C , calculado pela relação de potência irradiada para um corpo negro. No entanto, a atividade humana está aumentando cada vez mais a presença desses gases e intensificando esse efeito que reflete em alterações climáticas e ambientais.

Essa absorção descrita acima é resultado da eficiência de absorção desses gases que é menor para a radiação solar (radiação luminosa de ondas curtas), do que para a radiação emitida da superfície da Terra (ondas longas). Esses gases atmosféricos aquecidos também emitem energia em forma de radiação que é emitida para a terra e também para o espaço. Os GEE mais comuns são de ocorrência natural e são o vapor de água, dióxido de carbono, ozônio, metano e óxido nitroso. No entanto nesse balanço de radiação é necessário pensar também nos efeitos de realimentação gerados pela absorção de GEE por sumidouros como nuvens, oceanos e florestas.

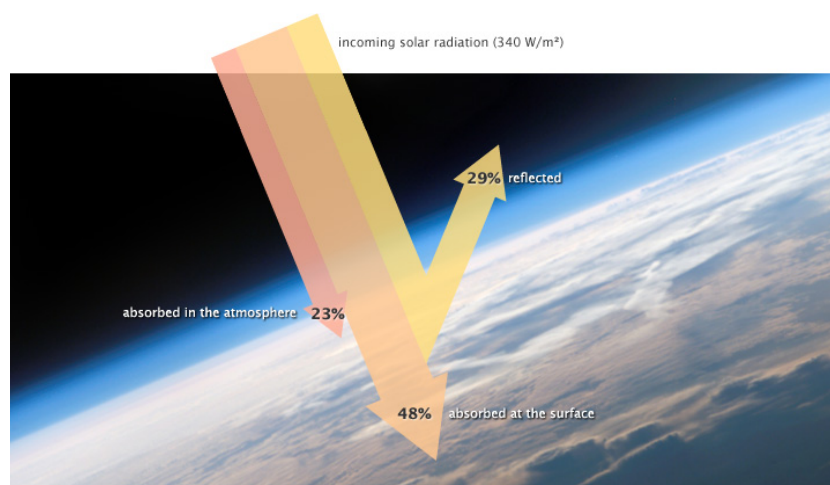


Figura 1 – Efeito Estufa

Fonte: NASA Earth Observatory (2009).

Segundo a Decisão 17/CP.8 da Convenção do Clima, os resultados do Inventário devem ser apresentados em unidades absolutas de gás. A emissão de GEE é medida por dióxido de carbono equivalente (CO₂e), ela insere todos os GEE numa mesma unidade, para serem comparados com base no seu potencial impacto sobre o clima global, tomando-se como referência o CO₂. A equivalência das GEE com o CO₂ se dá por duas métricas: o Potencial de Temperatura Global (GTP, em inglês) e o Potencial de Aquecimento Global (GWP, em inglês). O primeiro considera a influência no aumento de temperatura e o segundo a influência dos gases na alteração do balanço energético da Terra.

O GTP considera a influência do gás no aumento de temperatura, comparado ao CO₂. Já o conceito do GWP é descrito pela quarta Comunicação Nacional, como: O GWP é uma medida de quantas vezes mais calor uma determinada quantidade de um gás de efeito estufa retém na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de CO₂, em um determinado horizonte de tempo. Ele é expresso como um fator que, multiplicado pela massa do gás, resulta em uma massa equivalente de CO₂ (CO₂e).

Os GEEs abrangidos pelas análises do IPCC atualmente são: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); dióxido nitroso (N₂O); hexafluoreto de enxofre (SF₆); trifluoreto de nitrogênio (NF₃); hidrofluorocarbonos (HFCs); e perfluorocarbonos (PFCs).

1.2 Contribuição Nacionalmente Determinada

A Conferência das Partes (COP) é o órgão supremo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Em 1994 o órgão foi ratificado e a partir daí todos os países membros se comprometeram a se reunir uma vez por ano para analisar as situação das mudanças climáticas no mundo e propor medidas para mitigação dos GEEs e também mecanismos para minimizar os impactos ambientais.

Durante a terceira COP, em 1997, foi adotado o Protocolo de Kyoto, acordo a partir do qual alguns países signatários se comprometeram a reduzir seus níveis de emissão de GEE. Entre os anos 2008 e 2012, os países signatários se comprometeram a reduzir em 5% as emissões relativas a 1990 e adicionalmente reduzir 18% até 2020, também em relação a 1990. O Brasil ratificou o compromisso em 2002 e o acordo entrou em vigor em 2005.

Destaca-se a recusa do EUA e Canadá em participar do acordo e a falta de compromissos de caráter mandatório para as nações em desenvolvimento. Diante disso, identificou-se a necessidade de um acordo internacional mais abrangente e durante a 21^a COP foi aprovado o Acordo de Paris, posteriormente firmado em 2015 por 196 países. O Acordo tem o objetivo de reduzir a emissão de GEE e conter o aumento da temperatura média global para que não ultrapasse 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e limitar o aumento a 1,5 °C.

Nesse contexto, os países signatários oficializaram esse compromisso por meio da NDC, mecanismo que formaliza as propostas nacionais de redução das emissões de GEEs e mitigação do aquecimento global. As NDC são capazes de retratar o perfil de emissão dos países e as ações planejadas para o cumprimento dessas metas. A primeira NDC brasileira, ratificada em 2016, tinha como compromisso geral reduzir de 37% nas suas emissões até 2025, tomando como base 2005. E indicava que poderia reduzi-las em 43% até 2030.

De acordo com o parágrafo dois do Artigo 4 do Acordo de Paris os países devem manter suas NDCs atualizadas.

Cada Parte deve preparar, comunicar e manter sucessivas contribuições nacionalmente determinadas que pretende alcançar (...). (UUNFCCC, 2014)

Dessa forma, em 2020 o Brasil enviou a sua primeira atualização, a qual manteve as mesmas metas para o período, no entanto alterando o base de cálculo da Segunda Comunicação Nacional (Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa) para a Terceira, sendo portanto menos ambiciosa. Isso se deve ao fato da Terceira Comunicação Nacional indicar que emissões absolutas de 2005 foram estimadas em 2.837 MtCO₂e (MCTI, 2016) enquanto a Segunda 2.133 MtCO₂e (MCTI, 2010), logo o limite de emissões para 2025 seria maior que o afirmado em 2016. Essa mudança vai contra o Acordo de Paris, conforme descrito no parágrafo três do Artigo 4.

A contribuição nacionalmente determinada sucessiva de cada Parte representará uma progressão em relação à contribuição nacionalmente determinada então vigente e refletirá sua maior ambição possível, tendo em conta suas responsabilidades comuns porém diferenciadas e respectivas capacidades, à luz das diferentes circunstâncias nacionais. (UUNFCCC, 2014)

Posteriormente, em 2022, a segunda atualização da NCD foi firmada, e tem como compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de referência de 2005, em 2025. Adicionalmente, o país assume o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 50% abaixo dos níveis de 2005, em 2030, ainda considerando os valores base da Terceira Comunicação Nacional. Não somente o Brasil manteve metas estagnadas ou menos ambiciosas, o World Resources Institute (WRI) indica que apesar de mais países adotarem NDCs, os países ainda mostram resistência em atualizarem metas mais audaciosas, conforme figura abaixo.

1.3 Inventários de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa

Ficou determinado também pelo Acordo de Paris a manutenção dos dados de emissão de GEE por parte dos países signatários da COP. Essas informações devem ser

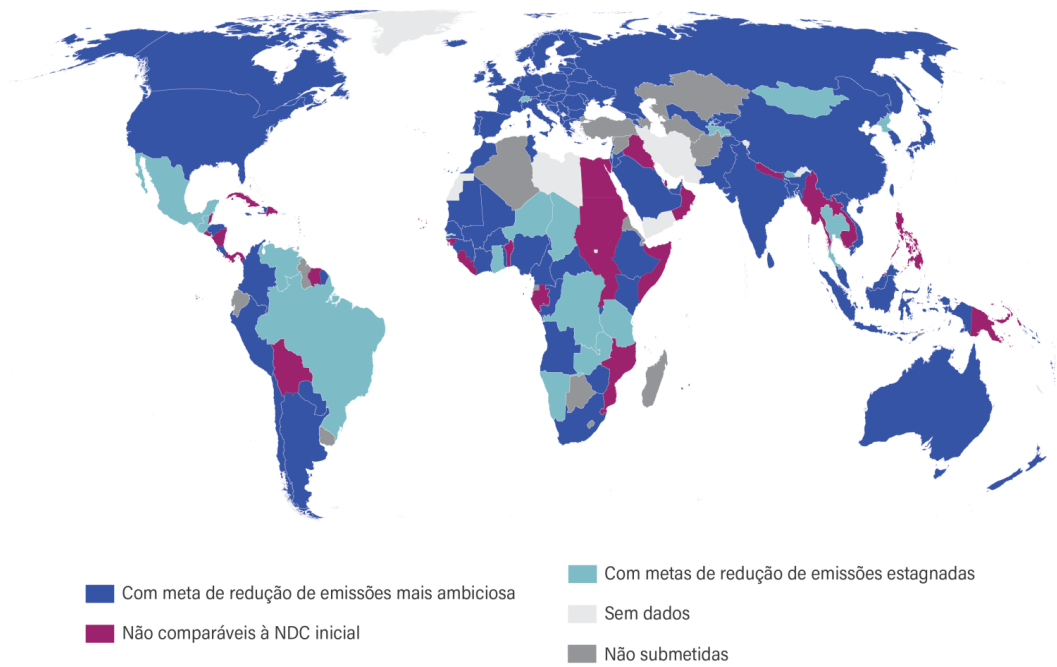


Figura 2 – Ambição das mais recentes NDCs em relação às versões iniciais

Fonte: WRI 2022.

transparente e exatas, conforme art. 4 paragrafo 12.

As Partes devem prestar contas de suas contribuições nacionalmente determinadas. Ao contabilizar as emissões e remoções antrópicas correspondentes às suas contribuições nacionalmente determinadas, as Partes devem promover a integridade ambiental, a transparência, a exatidão, a completude, a comparabilidade e a consistência, e assegurar que não haja dupla contagem, de acordo com orientação adotada pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Acordo. (UUNFCCC, 2014)

Nesse contexto, com o objetivo de auxiliar as partes na formulação dessas prestações de contas, o IPCC que conta com uma equipe especializada nas métricas mais adequadas para a contabilização das emissões e remoções de GEE, para que os países atualizassem adequadamente suas partes. Dessa forma, o IPCC criou os Relatórios metodológicos, que fornecem essas diretrizes para a formulação de Inventário de GEE dos países membros. Esses relatórios contam com estudos a cerca das metodologias mais refinadas para o cálculo e relatório de emissões e remoções nacionais de gases de efeito estufa.

Nos Anexos da NDC de 2022, o governo brasileiro esclarece a respeito das suposições e abordagens metodológicas, incluindo as utilizadas para estimar e contabilizar as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE), por meio da resposta abaixo.

"As emissões dos gases cobertos serão calculadas com base nas Diretrizes de 2006 do IPCC. As emissões dos gases cobertos serão agregadas

em termos de potencial de aquecimento global no horizonte temporal de 100 anos (GWP-100) com base nos valores estipulados no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, ou valores de GWP de horizonte de tempo de 100 anos de relatório de avaliação subsequente do IPCC, conforme acordado pela CMA. O Brasil também seguirá empregando o potencial de mudança de temperatura global (GTP), que é a métrica mais precisa para avaliar a contribuição dos diferentes gases para a mudança do clima."(BRASIL, 2015)

Os Inventários brasileiros são apresentados nas Comunicações Nacionais do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, em inglês). Até 2022, o Brasil já havia publicado a quatro edições da Comunicação Nacional do Brasil a UNFCCC, e está na sexta edição do Relatório das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa outra solução do Governo Nacional, decorrente da Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), estabelecida por meio da Lei Nº 12.187/2009, responsável pelo compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa do Brasil. Esses dois documentos fornecem um compilado de informações sobre as emissões brasileiras, seja por setor, subsector, território nacional e estado. Essas informações também são analisadas e não somente contabilizadas, e os dados estão disponíveis no portal Sirene do Ministério de Ciências e Tecnologia (MCTI).

As emissões são computadas e divididas em cinco setores inventariados, de acordo com as diretrizes do IPCC, sendo esses descritos em (MCTI, 2021) como:

1. Energia

As atividades do setor Energia estão ligadas a exploração de fontes de energia primária; conversão de fontes de energia; transmissão e distribuição de combustíveis; e consumo de combustíveis com fins energéticos em instalações e equipamentos.

2. Processos Industriais e Uso de Produto (IPPU, do inglês)

As emissões do setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) dizem respeito as atividades produtivas nas indústrias, inclusive o consumo não energético de combustíveis como matéria-prima.

3. Agropecuária

O setor Agropecuária estão principalmente relacionadas as emissões do processo de fermentação entérica animal, o manejo de solos agrícolas, por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados, seguidos pelo manejo de dejetos animais, cultivo de arroz e a queima de resíduos agrícolas, como palha de cana-de-açúcar e algodão, bem como a calagem e a aplicação de ureia no solo.

4. Uso da terra, Mudanças de uso da terra e florestas (LULUCF, em inglês)

O setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas apresenta as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros oriundas de perda ou ganho de carbono (C) associadas à mudança do uso e cobertura da terra. Consideram-se ainda as emissões e remoções de CO₂ por Produtos Florestais Madeireiros, isto é, produtos manufaturados/ processados após a colheita da madeira, como papel, madeira serrada, painéis de madeira, entre outros.

5. Resíduos

O setor Resíduos compreende as emissões pela disposição e tratamento de resíduos sólidos e efluentes. As emissões do setor são decorrentes, principalmente, do processo de degradação anaeróbio pela destinação final de resíduos sólidos em aterros sanitários e vazadouros (lixões), bem como do despejo de águas residuárias que passaram ou não por algum processo de tratamento.

1.4 Emissões de GEEs no Brasil e no mundo

1.4.1 Setor de Energia

Entende-se que as metas contidas na NDC brasileiras são gerais e não setoriais, conforme declarado pelo governo brasileiro na própria NDC. No entanto, é imprescindível o comprometimento de todos os setores para o cumprimento das metas conjuntas.

“as políticas, medidas e ações para implementar a iNDC (...) são conduzidas no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009), da Lei de Proteção das Florestas Nativas (Lei 12.651/2012, o chamado Código Florestal), da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000) e da legislação, instrumentos e processos de planejamento a elas relacionados” (BRASIL, 2015)

O setor energético é capaz de contribuir na avanço dessas metas por meio de um mudança estrutural, chamada de transição energética ou transição ecológica, na qual deve-se analisar não somente a questão de recursos, mas também a boa gestão, eficiência energética e consumo consciente. O cenário brasileiro é favorável para uma transição energética menos brusca quanto as matrizes, devido ao grande acervo de fontes renováveis como grande incidência solar e recursos hídricos, fatores que já contribuem para a matrizes elétrica e energética atuais, com 78,1% e 44,7% de participação de renováveis respectivamente, conforme Figura 3 e 4.

O impacto do setor de Energia nas emissões de GEE do Brasil em relação ao mundo é fortemente discrepante, devido as características descritas acima. Enquanto a participação do setor de Energia nas emissões mundiais é responsável pela maior parcela na emissão (IPCC, 2014) este representa atualmente cerca de 18% das emissões brasileiras, que é liderada pelo setor LULUCF.

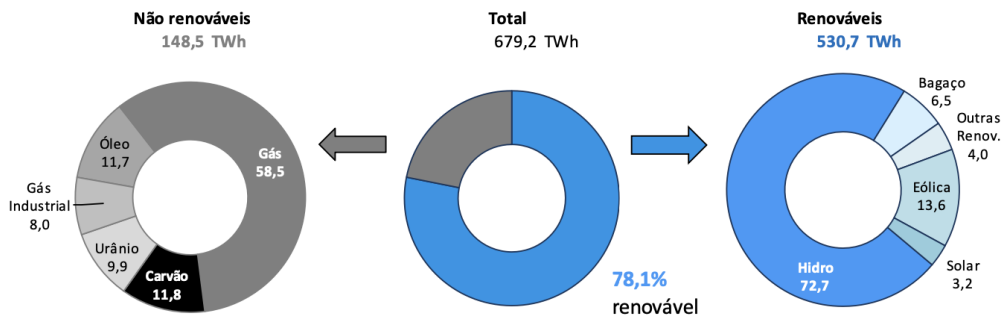


Figura 3 – Matriz Elétrica

Fonte: Resenha Energética Brasileira 2022

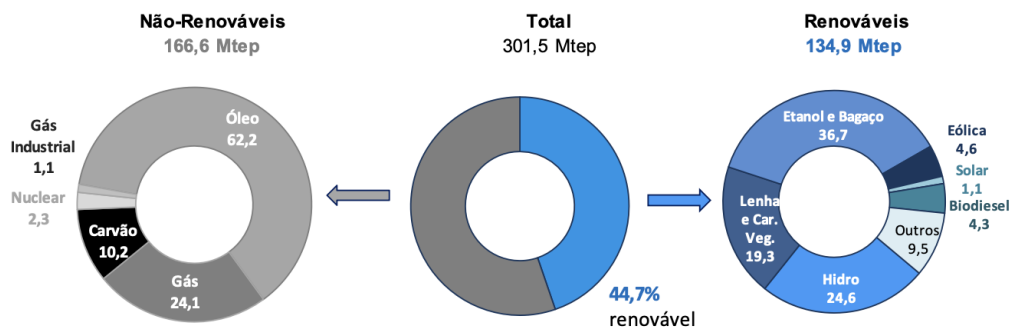


Figura 4 – Matriz Elétrica

Fonte: Resenha Energética Brasileira 2022

1.4.1.1 Contabilização das Emissões do Setor de Energia

Seguindo as diretrizes praticas dos Relatórios Metodológicos do IPCC, as emissões do setor de Energia no Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE considera todas as emissões antrópicas devido à produção, à transformação e ao consumo de energia. Dessa forma inclui tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis, quanto as emissões fugitivas, seja da cadeia de produção, distribuição e consumo. No setor de Energia estão incluídas as emissões de CO₂ emitidas na queima de combustíveis fósseis, tanto para consumo final, como combustíveis automotivos ou para geração de outras formas de energia, como eletricidade. Além do CO₂ também são considerados os GEE CH₄, N₂O, SF₆, PFCs e HFCs.

Não são contabilizadas as emissões de GEE de biocombustíveis (lenha, carvão vegetal, resíduos vegetais, lixo, álcool e bagaço). As emissões de CO₂ da queima dos combustíveis fornecidos no país para a navegação marítima e o transporte aéreo internacionais (*bunker fuels*) também não são contabilizadas no total de emissões do setor energético. São inclusas emissões de gases de GEE a partir do processo de mineração e beneficiamento do carvão mineral e também as emissões advindas do processo de extração, transmissão e processamento do petróleo e gás natural, além das emissões fugitivas

durante a extração dos mesmos.

1.4.1.2 Subsetores do Setor de Energia

Os subsectores de Energia estão listados na Figura 5.

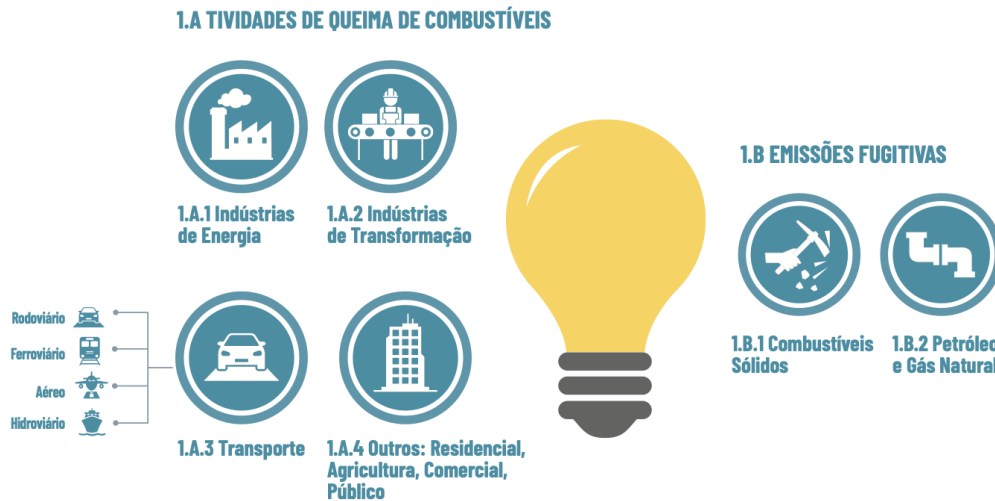


Figura 5 – Subsetores do Setor de Energia

Fonte: (MCTI, 2021)

É evidente que cada subsector apresenta atividades relacionadas à emissão de gases, com algumas delas sendo significativamente mais relevantes nas emissões finais. As atividades de queima de combustível (1.A) foram responsáveis por 95,1% das emissões totais do setor de energia em 2020, mantendo essa posição predominante desde o início da contabilização em 1990.

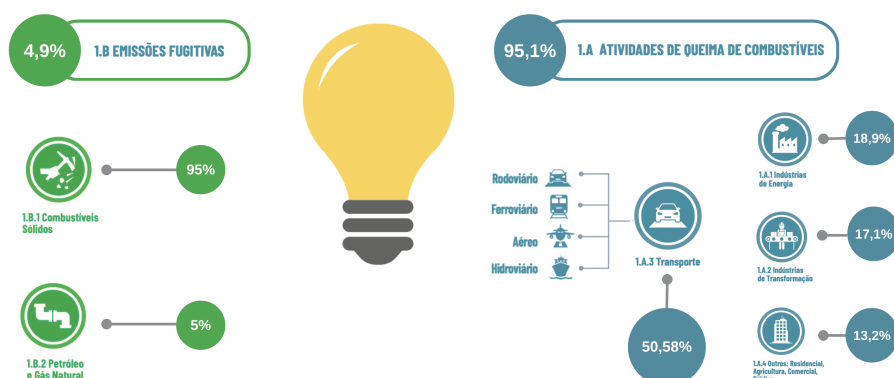


Figura 6 – Atividades Setor de Energia

Dentro dessa parcela, o subsector de transporte (1.A.3) representa 50,58%, dos quais 92,13% são atribuídos ao transporte rodoviário (1.A.3.b). Portanto, as emissões relacionadas ao subsector 1.A.3.b representaram 44,31% das emissões totais do setor de

energia e 12,16% das emissões totais do Brasil. As Figuras 6 e 7 ilustram esses dados de maneira gráfica.

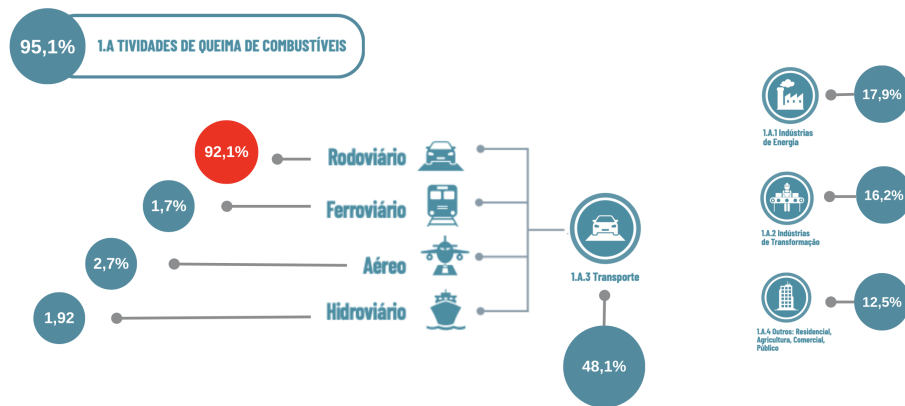


Figura 7 – Subsetores da Queima de combustível

Diante disso, percebe-se o desafio que o Brasil têm pela frente, o grande impacto dessa parcela (1.A.3.) traz ainda mais obstáculo quanto ao cumprimento das metas relativas a NDC. O relatório mais recente do IPCC (AR6), conta com uma figura **bastante** ilustrativa a respeito do impacto do setor de transporte, mostrada na Figura 8. A imagem mostra as emissões setoriais em diferentes trajetórias de mitigação que limitam o aquecimento global a 1,5°C, na qual é destacado que o setor de transporte e a indústria são considerados os mais desafiadores de se alcançar o objetivo de emissões líquidas zero (net zero). As emissões desses setores são mais difíceis de reduzir significativamente, o que implica em maiores obstáculos na transição para um sistema de baixo carbono.

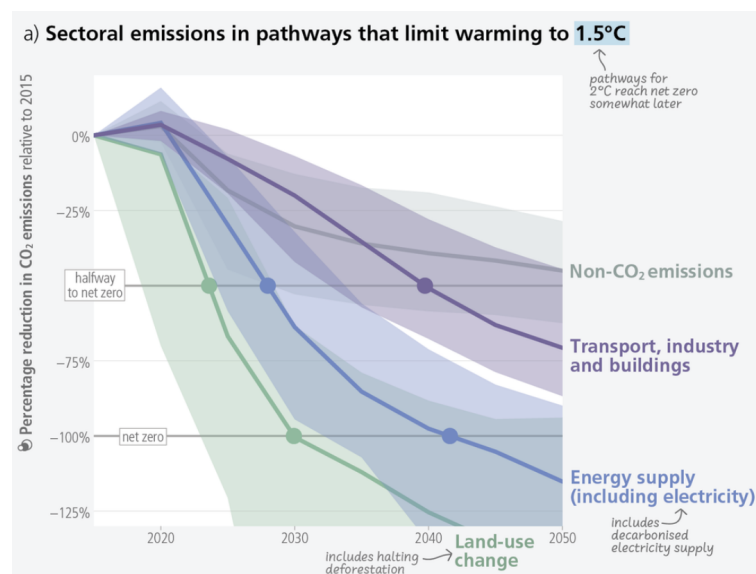


Figura 8 – Trajetórias de mitigação que limitam o aquecimento global a 1,5°C

Fonte: (IPCC, 2021)

Enquanto algumas áreas, como o setor de eletricidade e indústrias de combustíveis fósseis, assim como a mudança do uso da terra, podem alcançar emissões líquidas zero mais cedo. Isso pode ser atribuído à dependência desses setores de tecnologias e infraestruturas intensivas em carbono, bem como às dificuldades em implementar soluções alternativas de baixas emissões.

De acordo com o relatório, a maioria das reduções globais nas emissões de CO₂ até 2030 será proveniente de tecnologias prontamente disponíveis atualmente. No entanto, até 2050, quase metade das reduções virá de tecnologias que estão em fase de demonstração ou protótipo, conforme mostrado na Figura 9. No setor de transporte e na indústria pesada, especificamente, a parcela das reduções de emissões provenientes de tecnologias ainda em desenvolvimento é ainda maior. Isso destaca os desafios particulares enfrentados ao descarbonizar esses setores. A implementação de tecnologias emergentes e a superação de barreiras técnicas são essenciais para impulsionar a transição rumo a uma economia de baixo carbono.

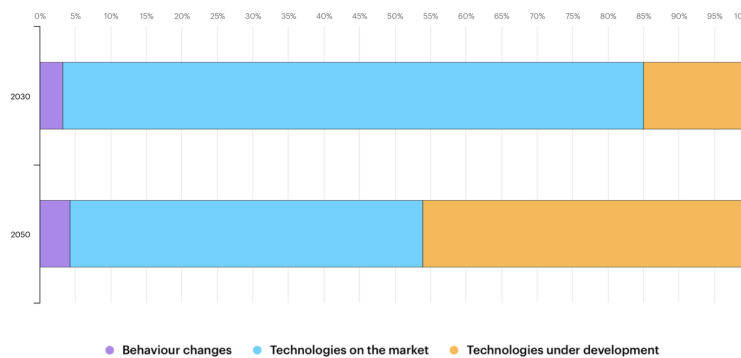


Figura 9 – Tecnologias para o NET ZERO

Fonte: IEA

1.5 Regressão linear múltipla

A regressão linear múltipla é uma técnica estatística utilizada para modelar e analisar a relação entre uma variável dependente e múltiplas variáveis independentes. É uma extensão da regressão linear simples, que envolve apenas uma variável independente.

Na regressão linear múltipla, a ideia básica é estimar uma equação linear que relacione a variável dependente com as variáveis independentes, permitindo a previsão ou explicação dos valores da variável dependente com base nas variáveis independentes.

A forma geral da equação de regressão linear múltipla é:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \epsilon \quad (1.1)$$

Onde:

- Y é a variável dependente que se deseja prever ou explicar.
- x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis independentes que influenciam a variável dependente.
- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ são os coeficientes de regressão que representam o efeito das variáveis independentes na variável dependente.
- ϵ é o termo de erro, que representa a variação não explicada pela relação linear entre as variáveis.

Os coeficientes de regressão (β) são estimados a partir dos dados disponíveis, utilizando técnicas de mínimos quadrados ou outros métodos de ajuste. Esses coeficientes indicam a direção e a magnitude da relação entre as variáveis independentes e a variável dependente.

No entanto, é importante lembrar que a regressão linear múltipla possui algumas suposições. É fundamental verificar se essas suposições são atendidas para garantir a validade dos resultados obtidos com o modelo de regressão linear múltipla. Essas suposições são:

1. O número de observações deve ser maior que o número de parâmetros;
2. O modelo é linear nos parâmetros;
3. Cada variável X deve ser linearmente independente uma da outra (Ausência de multicolinearidade);
4. Os resíduos são normalmente distribuídos.
5. A variância dos resíduos é constante (homocedasticidade);
6. A covariância entre os resíduos é zero (Ausência de autocorrelação residual);

Existem estratégias para lidar com cada tipo de violação, caso ocorram violações dessas suposições. No entanto, desejável que o modelo de regressão satisfaça todas essas suposições.

O item 1 é verificado na própria amostra avaliada. Já os demais requerem de análises mais aprofundadas para algumas dessas condições o Coeficiente de Correlação de Pearson é usado, sendo que o mesmo expõe a existência ou não de uma relação linear entre duas variáveis. O valor do coeficiente varia entre -1 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 mais forte a correlação positiva, e quanto mais próximo de -1 maior a correlação

negativa, e por fim quanto mais próximo de menor a existência de relacionamento linear entre as variáveis.

Diante do exposto, a Correlação de Pearson é usada para avaliar as suposições 2 e 3, sendo que os coeficientes entre a variável dependente e as independentes deve ser próximo a 1 ou -1 e as variáveis independentes entre si, próximos de zero.

Para o item 4 pode-se usar uma representação gráfica dos resíduos, como o histograma. Já para 5, verifica-se também graficamente os resíduos, no entanto, pelo gráfico de dispersão, no qual espera-se que os resíduos estejam distribuídos uniformemente, conforme Figura 10. Por fim a suposição 6 é observada por um gráfico entre os resíduos em função dos valores estimados da variável dependente Y.

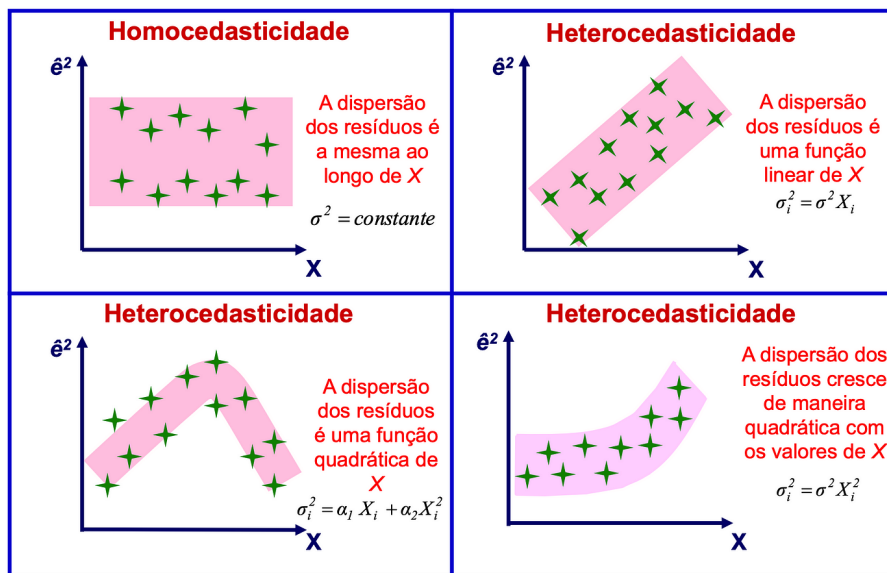


Figura 10 – Homocedasticidade

Fonte: Imagem tirada dos slides de econometria da Unicamp

Parte II

Capítulo 2

2 Metodologia

2.1 Definição

Cada objetivo específico resultou em atividades relacionadas para que fosse possível cumpri-lo, a seguir estão listadas as atividades realizadas nesse trabalho.

1. Objetivo 1 (Contribuições do setor de Energia)
 - a) Coleta e agregação de dados de Emissões de GEE
 - b) Avaliar comparativamente o comportamento da curva de emissões em relação aos outros setores
 - c) Coleta e agregação de dados de Consumo de combustível
 - d) Compatibilização do formatos das diferentes fontes de dados (processamento)
 - e) Realizar a matriz de correlação
 - f) Obtenção do modelo de regressão linear múltipla
 - g) Previsão
2. Objetivo 2 (Cumprimento da NDC)
 - a) Contabilizar a meta (-37% das emissões de 2005 e -50% das emissões de 2005)
 - b) Definição dos métodos de visualização dos dados (visual)
 - c) Verificar quantitativamente o cumprimento das metas da NDC por meio da previsão

A metodologia desse trabalho será descrita de acordo com as atividades propostas.

2.2 Fluxograma de processos

Para cumprir as atividades propostas, os processos foram divididos conforme a Figura 11. Sendo os cenários 1 e 2, os cenários bases, e os 3 e 4 complementares. A seguir os cenários serão descritos.

2.2.1 Cenários 1 e 2

Para esses cenários, considerados cenários base, o processo de análise seguiu a seguinte ordem: primeiramente, foram coletados os dados de emissões de gases do efeito estufa na sexta edição da publicação "Estimativas de Emissão de Gases do Efeito Estufa no Brasil". Em seguida, os dados de consumo de combustível por setor foram coletados a partir do Balanço Energético Nacional (BEN).

Após a coleta dos dados, eles foram agrupados para facilitar o processo de análise. Utilizando a biblioteca pandas do Python, os dados foram importados e tratados. Com o

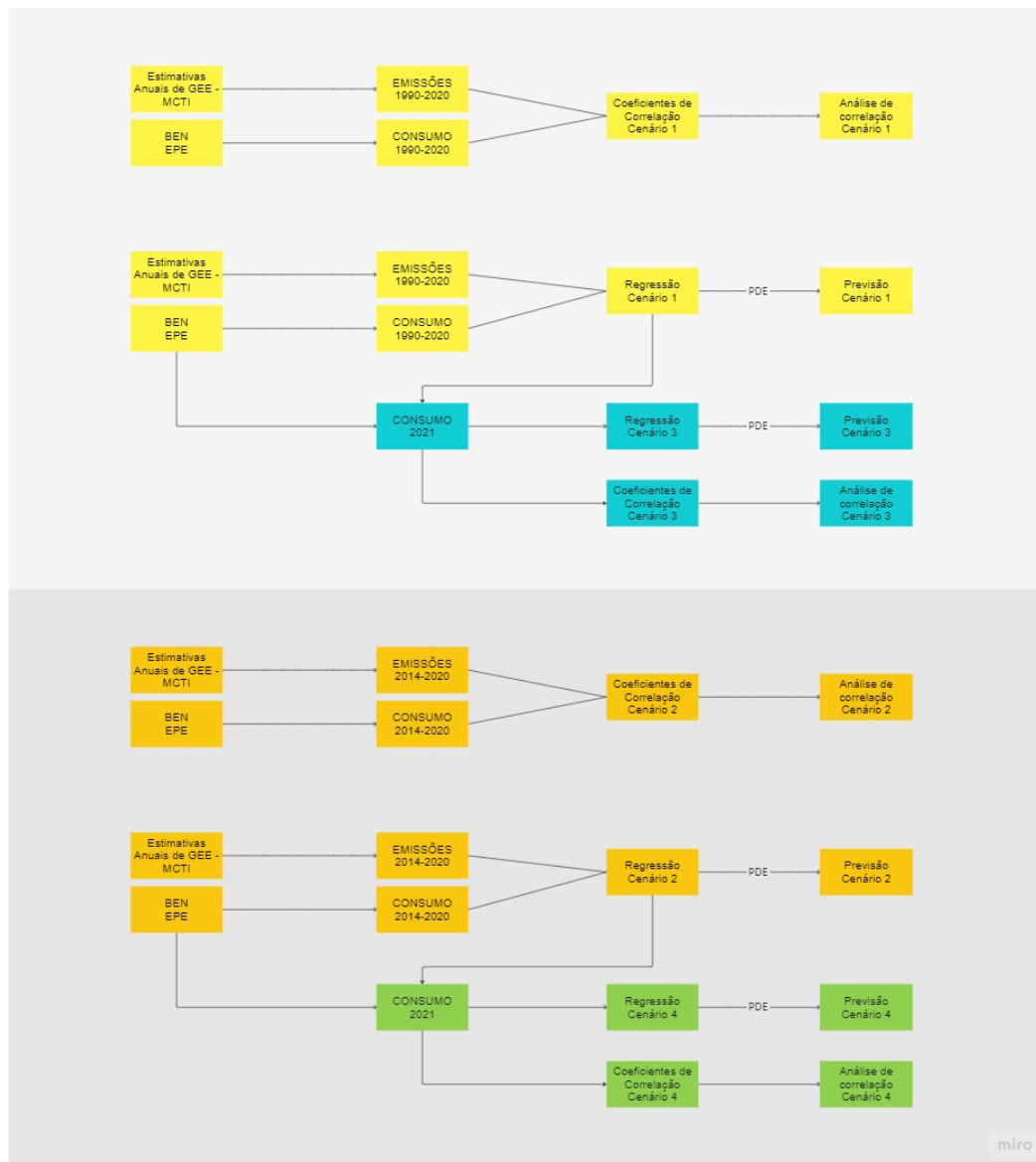


Figura 11 – Fluxograma de processos

pandas, foi possível realizar diversas operações, como a criação da matriz de correlação de Pearson. Essa matriz permitiu avaliar a relação entre as variáveis.

Além disso, também foi aplicado um modelo de regressão linear múltipla utilizando o pandas. Esse modelo permitiu obter os coeficientes da equação de regressão, que relaciona as emissões com os consumos de combustível por setor, as emissões sendo consideradas a variável dependente e os consumos as variáveis independentes.

Em seguida, foram inseridos os dados de consumo estimados até 2030, obtidos do Plano Decenal de Energia (PDE). Utilizando a equação de regressão previamente obtida, foi possível fazer a projeção das emissões para esse período. Esse processo foi repetido para cada um dos subsetores individualmente, bem como para o setor de energia como um todo.

A cerca da distinção entre esses cenários, tem-se que primeiro cenário abrange toda a série histórica disponível, compreendendo o período de 1990 a 2020. O segundo cenário considera-se um intervalo de tempo mais restrito, abrangendo o período de 2014 a 2020. Essa divisão foi motivada pela observação de uma mudança no comportamento de diversos subsetores a partir de 2013 que atingiu seu pico em 2014.

No ano de 2014, evidenciou-se um pico nas emissões no setor de energia, particularmente nos subsetores de indústrias de energia, transporte e indústrias de transformação. Esse aumento nas emissões pode ser atribuído, em grande parte, às adversidades climáticas, mais especificamente às secas enfrentadas durante esse período. As secas afetaram significativamente a geração de energia, resultando em uma maior demanda por fontes de energia alternativas, como as termelétricas movidas a combustíveis fósseis. Essa mudança na matriz energética contribuiu para um aumento nas emissões de gases de efeito estufa.

Outro ponto visto desse período de aumento (2013 -2014) pode ser em decorrência da copa de 2014. O evento foi realizado no Brasil e contou com muito investimento em infraestrutura, construção civil, comércio varejista em geral e principalmente em turismo.

Considerando os dois cenários estabelecidos, notou-se um comportamento diferenciado. O cenário que englobou toda a série histórica apresentou uma tendência ascendente nas emissões ao longo do tempo, cenário 1, mostrado na Figura 11 pela cor amarela. Isso se deve ao fato do período apresentar acréscimos até atingir seu maior valor em 2014, cenário 2, cor laranja. Por outro lado, o cenário a partir de 2014 exibiu uma tendência decrescente nas emissões, que foram observadas de 2014 a 2020 e se estenderam para as projeções considerando este período. O decréscimo após esse período pode ser atribuída à adoção de medidas mitigatórias e à implementação de políticas ambientais mais rigorosas após o pico em 2014.

Essa abordagem de estabelecer múltiplos cenários permitiu uma análise mais abrangente e detalhada das emissões de gases de efeito estufa no setor de energia. Além disso, evidenciou a importância de considerar as mudanças no comportamento dos subsetores ao longo do tempo, fornecendo insights valiosos para a compreensão das tendências e a elaboração de estratégias eficazes de mitigação.

Por fim os dados foram baixados em formato xlsx para serem analisados no *software* Power BI.

2.2.2 Cenários 3 e 4

Para esses cenários, deve-se ter em mente que o cenário 3 é uma complementação do cenário 1, assim como o 4 é do 2. O fluxograma dos cenários 3 e 4 são mostrados na Figura 11 pelas cores azul e verde respectivamente.

Conforme dito, esses cenários são considerados complementares aos cenários bases

(1 e 2) pois usam os coeficientes das regressões do cenário 1 e 2 junto aos consumos consolidados do BEN para estimar as emissões de GEE para 2021. Será explicado no tópico a seguir, mas adiantando, até a data do trabalho não haviam dados de emissão consolidados, por isso esse método.

Posteriormente a isso, esses resultados foram submetidos ao python usando a mesma programação dos cenários anteriores para obter a regressão considerando o período de 1990 a 2021 (cenário 3) e de 2014 a 2021 (cenário 4). Os processos subsequentes foram iguais aos cenários bases.

2.2.3 Aplicação dos cenários

Para os subsetores transporte rodoviário (1.A.3.b), indústrias de energia (1.A.1.) e indústrias de transformação (1.A.2.) foram aplicados os quatro cenários, um vez que representam juntos 86,58% das emissões totais do setor de energia. Os outros setores ficaram restritos ao cenário 1, primeiro devido a essa relevância, segundo pela ausência de um comportamento tão afetado nos períodos de pico comentados (2014 e 2020) e por fim pelo esforço computacional envolvido.

2.3 Coleta de dados

Conforme descrito em 1.3, metodologias de contabilização são publicadas pelo IPCC, nesse estudo utilizou-se os dados de Emissões publicados na sexta edição da publicação Estimativas de Emissão de Gases do Efeito Estufa no Brasil (MCTI, 2022), a qual contia dados atualizados até 2020. A publicação usa a métrica do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) (IPCC, 2014). Os dados foram baixados por meio da plataforma Sirene, do MCTI, que divulgava dados pelo método GWP e GTP, como as informações mais presentes nos inventários mundiais é dada em GWP, essa foi a metodologia escolhida.

Os dados relacionados ao consumo de combustíveis foram obtidos a partir do Balanço Energético Nacional (BEN) - Séries Históricas e Matrizes. Esse recurso disponibiliza as Séries Históricas Completas desde o ano de 1970, em formato Excel, no volume impresso do próprio Balanço Energético Nacional. Mais especificamente, os dados utilizados foram extraídos do Capítulo 3 do BEN, intitulado "Consumo de Energia por Setor", abrangendo o período de 1970 a 2021.

Embora a disponibilidade dos dados remonte a 1970, optou-se por utilizar apenas os dados a partir de 1990, conforme mencionado no tópico anterior. Essa seleção foi feita para compatibilizar as informações com os dados de emissões de GEE disponíveis nesse período específico. Portanto, ao utilizar apenas os dados de consumo de combustíveis a partir de 1990, foi possível estabelecer uma coerência e consistência entre as informações

de emissões e consumo, garantindo uma análise apropriada e comparável ao longo do tempo.

2.3.1 Tratamento de dados

Durante a etapa de tratamento de dados, foi utilizado o software Excel para integrar os dados de consumo de combustível e emissões de gases de efeito estufa (GEE). A planilha resultante foi estruturada de forma a conter as informações de emissões em uma coluna e os dados de consumo de cada tipo de combustível nas colunas subsequentes. Essa organização foi realizada com base nos anos correspondentes, ou seja, cada linha da planilha representava um ano específico.

Conforme mencionado na seção 2.1.1, esse procedimento foi realizado separadamente para cada um dos subsetores, garantindo uma análise individualizada e mais precisa. Dessa forma, foram criadas planilhas separadas para cada subsetor, mantendo a mesma estrutura em relação às colunas (emissões e dados de consumo por tipo de combustível) e às linhas (anos).

Os dados de consumo, extraídos do BEN, foram submetidos a um processo de concatenação, com o objetivo de apresentá-los de forma consistente com a organização dos setores adotada pelo IPCC. Essa concatenação permitiu alinhar as categorias de consumo do BEN com as categorias de setores definidas pelo IPCC.

Por exemplo, o setor "1.A.4.a." no IPCC, que corresponde ao setor "Comercial/Institucional", é subdividido em "Público" e "Comercial" no BEN. Para assegurar a conformidade dos dados, essas subdivisões foram somadas para estabelecer as mesmas bases de categorização utilizadas pelo IPCC.

Adicionalmente, os consumos por fonte de combustível e por setor foram denominados utilizando uma convenção que combina uma abreviatura do combustível com uma abreviatura do setor correspondente. Por exemplo, "SE-GN" representa o consumo de gás natural nas indústrias do setor de energia. Essa padronização na nomenclatura permite identificar de maneira clara e concisa os diferentes subsetores e tipos de combustível presentes nos dados de consumo.

Após a conclusão dessa etapa, os dados foram salvos no formato CSV (Comma-Separated Values) para serem posteriormente processados no ambiente de programação Python. O formato CSV é amplamente utilizado para armazenar e compartilhar dados tabulares, facilitando sua manipulação e análise no contexto do desenvolvimento do código Python.

No ambiente Python, foram utilizadas diversas bibliotecas fundamentais para a análise e manipulação dos dados. Entre elas, destacam-se o pandas, numpy, matplotlib.pyplot, pingouin, statsmodels.api e sklearn.linear_model.

A biblioteca `pandas` é amplamente reconhecida e utilizada por sua notável funcionalidade na análise e manipulação de dados. Durante o processo de tratamento dos dados, a biblioteca desempenhou um papel fundamental na organização e manipulação dos mesmos. Por meio do `pandas`, foram realizadas diversas operações, como exclusão de valores nulos e substituição de vírgulas por pontos, seguindo o padrão internacional para separação de milhares e decimais. Essas manipulações foram realizadas com o intuito de facilitar o trabalho posterior no ambiente Python, proporcionando uma estrutura de dados coerente e compatível com as ferramentas de análise estatística e modelagem. Além dessas operações, outras técnicas de limpeza e preparação de dados foram aplicadas para garantir a consistência e a integridade dos dados, permitindo uma análise precisa e confiável.

A biblioteca `matplotlib.pyplot` é uma ferramenta essencial para a criação de visualizações e gráficos. Com ela, foi gerado os *plots* dessa análise, tanto de correlação quanto os usados na regressão.

Para análise estatística mais avançada, as bibliotecas `statsmodels.api` e `pingouin` foram utilizadas. Elas oferecem uma ampla gama de modelos estatísticos e ferramentas para análise de dados. Ambas são capazes de realizar regressões, testes de hipóteses, modelagem de séries temporais e outras técnicas estatísticas relevantes para a análise dos dados em estudo.

Por fim, a biblioteca `sklearn.linear_model`, também conhecida como `scikit-learn`, fornece implementações de diversos algoritmos de regressão linear, incluindo a regressão linear múltipla. Com o `sklearn.linear_model`, é possível ajustar modelos de regressão, fazer previsões e avaliar a qualidade do ajuste por meio de métricas como o coeficiente de determinação (R^2) e o erro quadrático médio (*se*).

2.4 Análise

Para a análise dos dados foram feitos gráficos de linha para cada subsetor. Gráficos de linhas são talvez os visuais gráficos usados com mais frequência para dados de séries temporais. Os gráficos de linha conectam sequencialmente pontos de dados individuais formando uma linha que apresenta de forma rápida o comportamento daquela categoria (FEW, 2007). Para essa análise o eixo x representa os anos e o eixo y as emissões para aquele subsetor, tendo uma linha para cada cenário.

Já para o total foi usado o gráfico de barras empilhadas, empilhando cada subsetor a fim de representar o total. Esse gráfico é normalmente usado quando se deseja analisar o comportamento temporal de várias variáveis em relação a um total (FEW, 2007).

Nos resultados desse trabalho os dados foram inseridos como imagem, no entanto

é possível visualiza-los no *dashboard* criado no Power Bi para um contato mais interativo com os dados, com aplicação de diversos filtros e recursos para a visualização do conteúdo desejado.

Parte III

Capítulo 3

3 Resultados

Conforme mencionado anteriormente (ver Seção 2.2), foram estabelecidos dois cenários para a análise dos dados: um considerando toda a série histórica e outro a partir de 2014. No entanto, durante a condução do trabalho, observou-se que essa abordagem não era necessária em todos os setores, uma vez que não apresentavam o pico de emissões de gases de efeito estufa (GEE) mencionado na Seção 2.2.

Portanto, decidiu-se aplicar essa mudança somente nos setores de Indústrias de Energia, Transporte Rodoviário e Indústrias de Transformação. Essa decisão foi tomada com base na identificação desses setores como os principais responsáveis pelo pico de emissões de GEE discutido anteriormente. Dessa forma, para garantir uma análise mais precisa e focada, optou-se por considerar o período a partir de 2014 apenas para esses setores específicos, enquanto os demais setores foram mantidos os valores de regressão obtidos no caso que abrange toda a série histórica para os dois cenários.

Serão fornecidos os parâmetros de regressão para os casos em que foram realizadas análises em dois cenários distintos. Esses parâmetros incluem o coeficiente de determinação (R^2), o erro-padrão (SE), a estatística t (T), o valor-p (p-value) e os resíduos. Essas informações serão apresentadas com o objetivo de permitir a comparação entre os dois modelos utilizados nos diferentes cenários.

Outro ponto é que embora as metas estabelecidas na NDC não sejam especificamente definidas por setor, mas sim como um total geral, para avaliar o impacto de cada subsetor de forma isolada foi realizado o cálculo dessas metas aplicadas a cada subsetor, a fim de identificar quais setores estão mais alinhados com as metas estabelecidas nas NDC, lembrando que não são metas oficiais da NDC uma estratégia de analisar os comportamentos de cada subsetor separadamente.

Essa abordagem também oferece insights valiosos para o desenvolvimento de estratégias e políticas específicas para cada subsetor. Identificar os subsetores que estão mais distantes das metas estabelecidas pode direcionar esforços para a implementação de medidas adicionais de mitigação e incentivar ações específicas que promovam a redução das emissões nesses setores.

Os dados também podem ser visualizados no link [BI emissões de GEE](#).

3.1 Setor de Indústrias de Energia

Ao analisar o setor de Indústrias de Energia, começando pela matriz de correlação de Pearson, é possível observar que no cenário 2 e 4 há uma redução significativa no

número de fontes de energia em comparação ao cenário 1 e 3. Durante o período de 2014 a 2021, muitos combustíveis foram gradualmente abandonados em favor de outros. É importante ressaltar que na matriz do cenário 2 e 4 não foram observados o uso de nafta, querosene, gás canalizado e coque nesse setor durante esse período específico, o que reflete sua ausência na matriz de correlação.

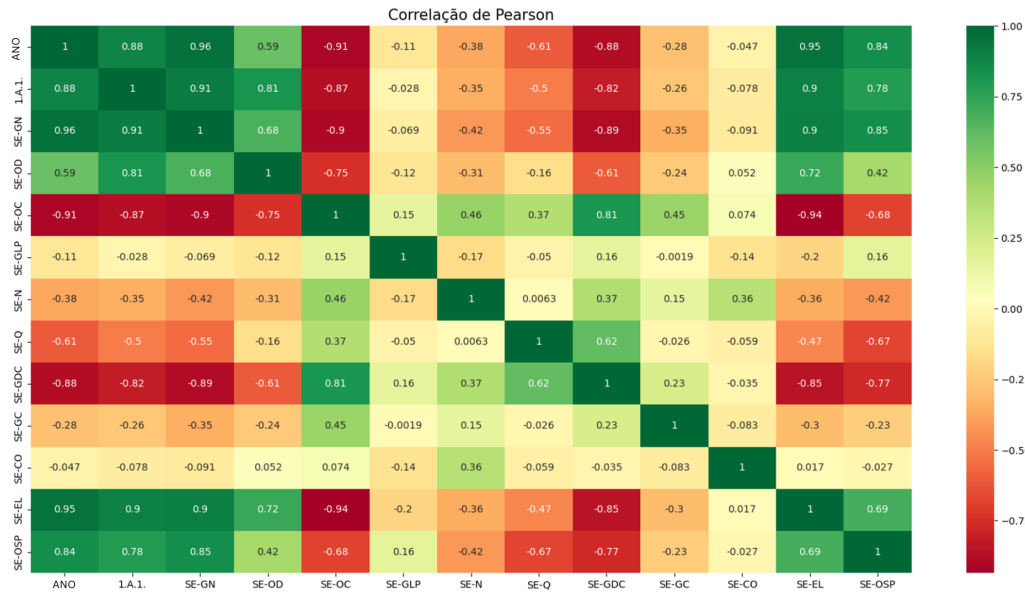


Figura 12 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 1

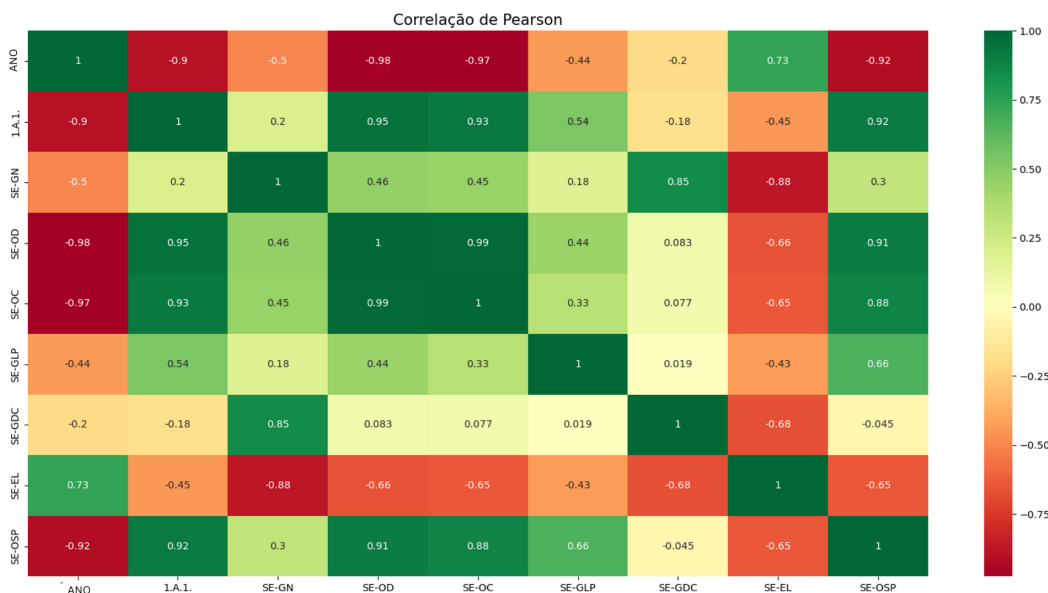


Figura 13 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 2

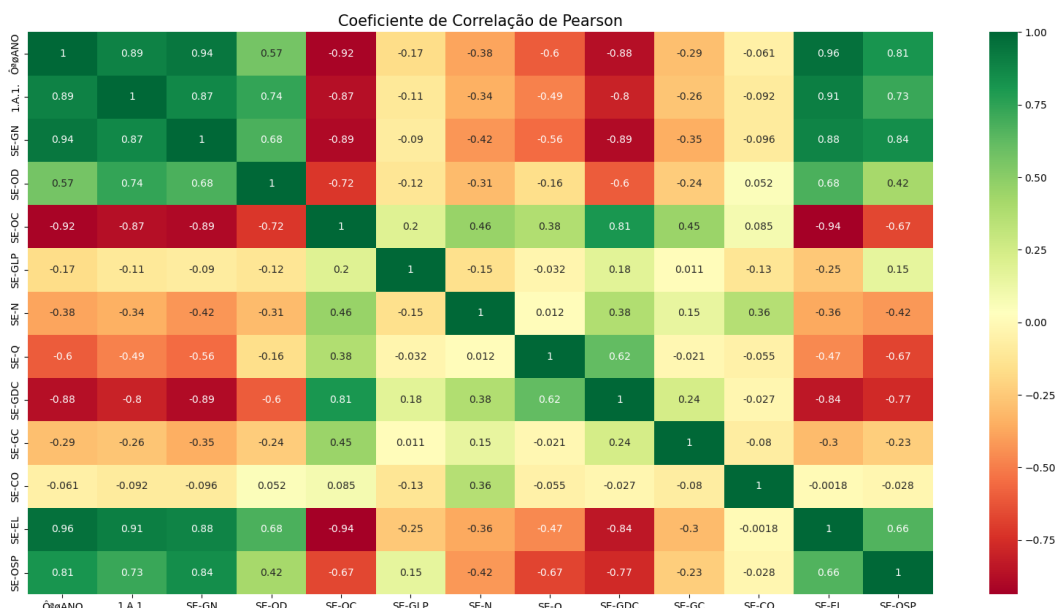


Figura 14 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 3

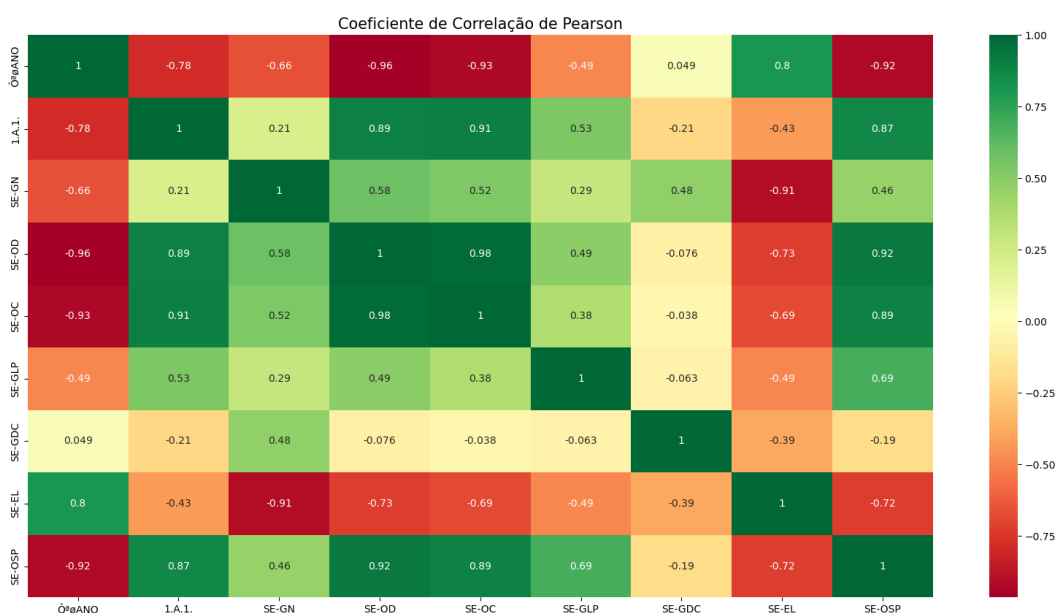


Figura 15 – Correlação Setor de Industrias de Energia no Cenário 4

Nota-se também que a segunda linha da matriz, que representa a correlação entre as emissões de GEE do setor e o consumo dos combustíveis, apresenta diferenças significativas entre os dois cenários base (1 e 2). Essas divergências podem ser atribuídas ao fato de que as emissões de GEE exibem comportamentos distintos nos dois cenários, com aumento no cenário 1 e queda no cenário 2. Como os consumos de combustíveis são os mesmos em ambos os cenários, as correlações entre as variáveis mudam consideravelmente de um cenário para outro.

Em relação a previsão, os comportamentos dos cenários comentados anteriormente também foram de bastante impacto. O cenário 2 e 4 conta com uma perspectiva bem mais otimista, no entanto bem distante da meta relativa. A Figura 16 mostra a previsão.

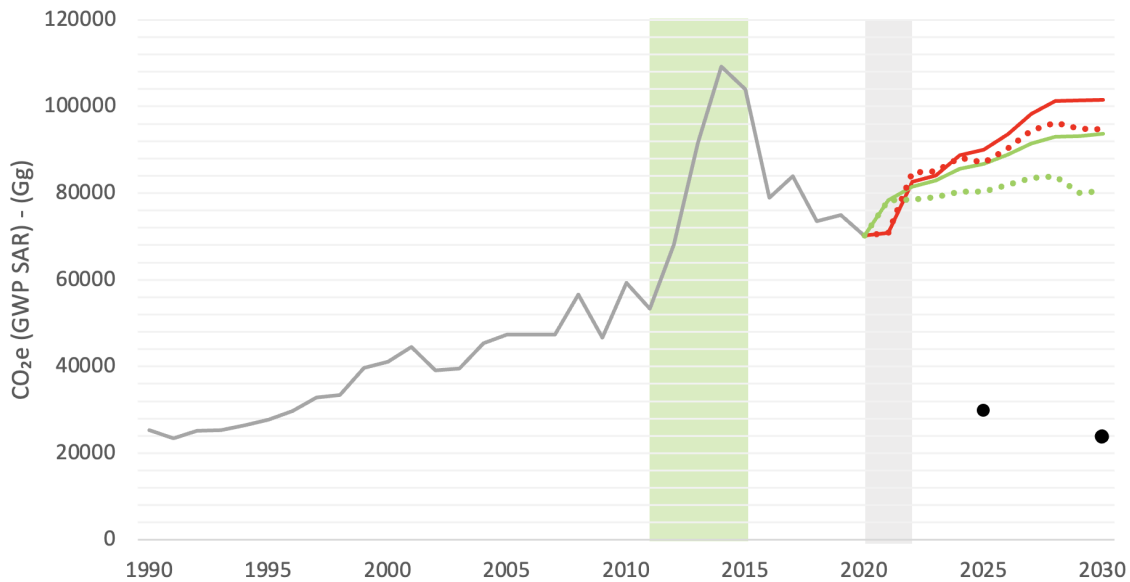


Figura 16 – Previsão Setor de Industrias de Energia. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Linha vermelha tracejada (· · ·): Cenário 3; Linha verde (—): Cenário 2; Linha verde tracejada (· · ·): Cenário 4; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

Quanto aos parâmetros comparativos entre os cenários, o cenário 2 e 4 obtiveram coeficiente de determinação (R^2) igual a 1. Nesse caso, o modelo se ajustou perfeitamente aos dados, sendo R^2 uma medida estatística utilizada na análise de regressão linear múltipla para indicar a proporção da variabilidade da variável dependente que pode ser explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo.

Dessa forma o valor de R^2 igual 0 indica que as variáveis independentes não conseguem explicar nenhuma variação na variável dependente, enquanto um valor de 1 indica que todas as variações na variável dependente podem ser explicadas pelas variáveis independentes do modelo. Para o cenário 1 os valores também foram bastante satisfatórios, com R^2 igual a 0,9316 e no cenário 3 igual a 0,91.

A predição também pode ser observada em comparação com os valores reais, conforme as Figuras 52 e 53. E os resíduos, diferença entre o valor predito e o real, nas Figuras 56 e 57.

3.2 Setor Comercial e Público

No setor comercial e público quanto as correlações é interessante verificar a forte correlação negativa das emissões do setor com a lenha. Isto não significa que a fonte não emite GEE e sim que tem um comportamento quase linearmente contrario ao das emissões do setor, isso se deve ao fato das emissões do setor comercial e público aumentarem no período enquanto a lenha entre em desuso.

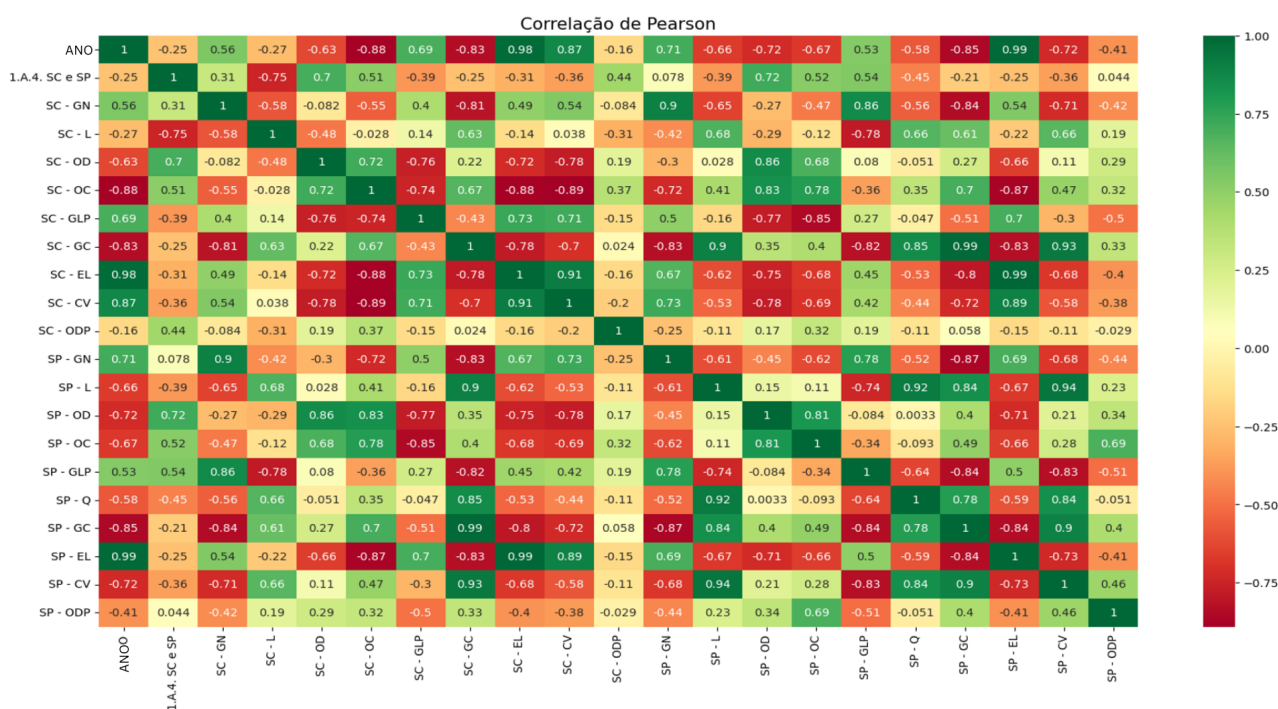


Figura 17 – Correlação Setor Comercial e Público

O setor comercial diferente dos demais anteriormente apresentou valores muito mais próximos da meta referencial. Na Figura 18 também é possível visualizar um declínio no ano de 2020, provavelmente em consequência da pandemia do Covid-19, que causou uma diminuição da demanda. No entanto, o modelo prevê uma recuperação já no ano seguinte.

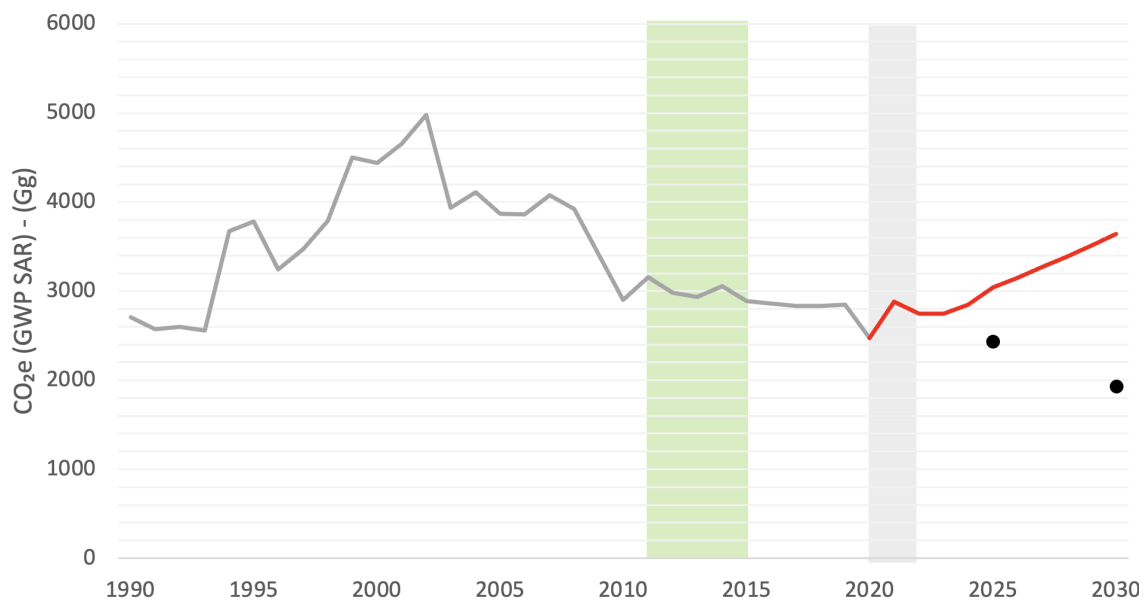


Figura 18 – Previsão Setor Comercial e Público. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

3.3 Setor Residencial

No setor residencial quanto as correlações, visto na Figura 19, é interessante verificar a forte correlação das emissões do setor com a eletricidade, visto que grande parte das emissões desse setor é advinda da eletricidade e ambas apresentam um caráter mais estagnado nos últimos anos.

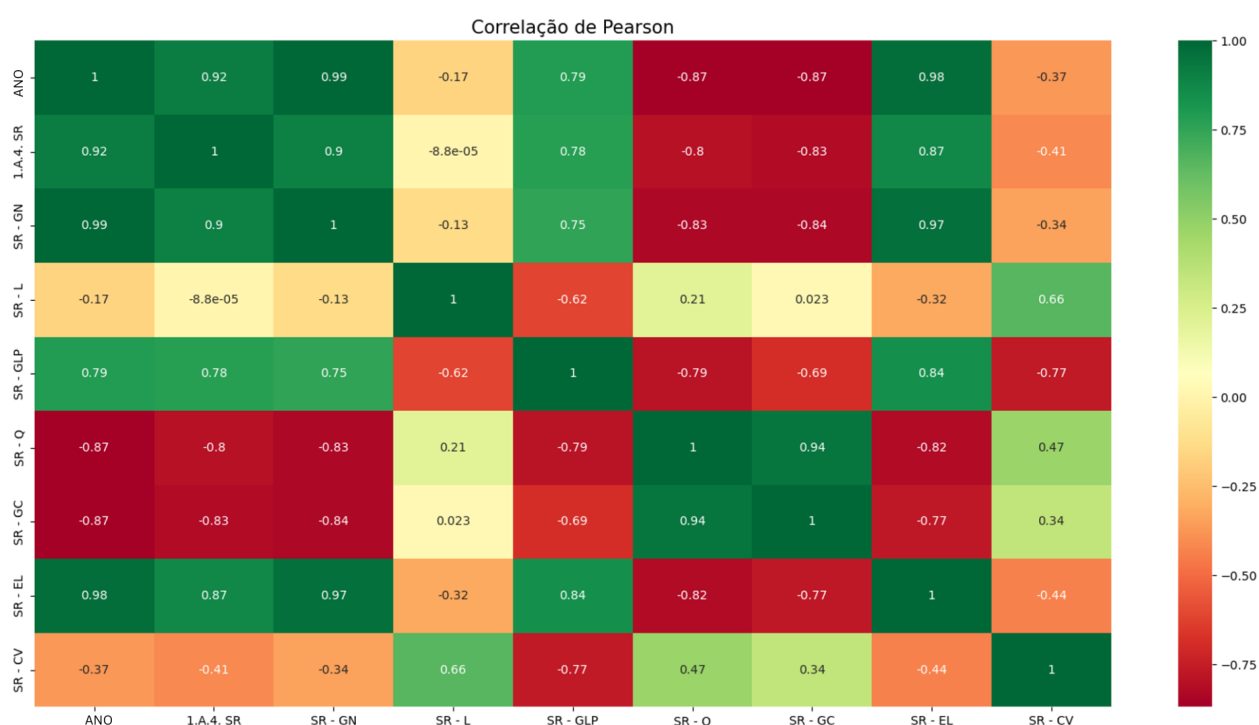


Figura 19 – Correlação Setor Residencial

O setor residencial diferente dos demais apresenta uma constante queda, iniciada em 2020, provavelmente também em consequência da pandemia do Covid-19, mas diferentemente do setor comercial e público não tem sinais de recuperação do patamar anterior. Outro ponto interessante no setor residencial é o número crescente de geração solar fotovoltaica distribuída que também pode ter influência nessa diminuição. Na Figura 20 é possível ver os dados comentados.

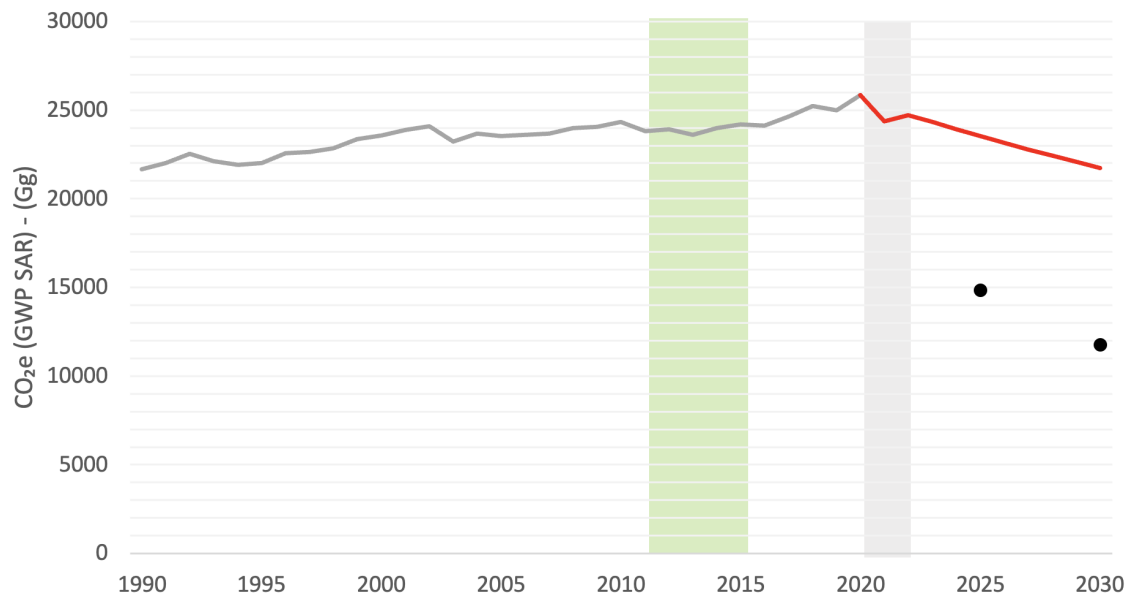


Figura 20 – Previsão Setor Residencial. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

3.4 Setor Agropecuário

No setor Agropecuário um dado interessante obtido através da correlação, mostrada na Figura 21, é a correlação perfeita entre as emissões de GEE no setor e o consumo de óleo diesel. Isto se deve ao uso majoritário do combustível no setor, desde maquinário à eletricidade em regiões isoladas. Outra correlação bastante positiva foi em relação a eletricidade. Outro ponto interessante a ser analisado nesse contexto é a correlação negativa entre o óleo diesel e a lenha, uma vez que a lenha deu lugar ao diesel numa transição energética (não verde) que ocorreu ao longo das últimas décadas.

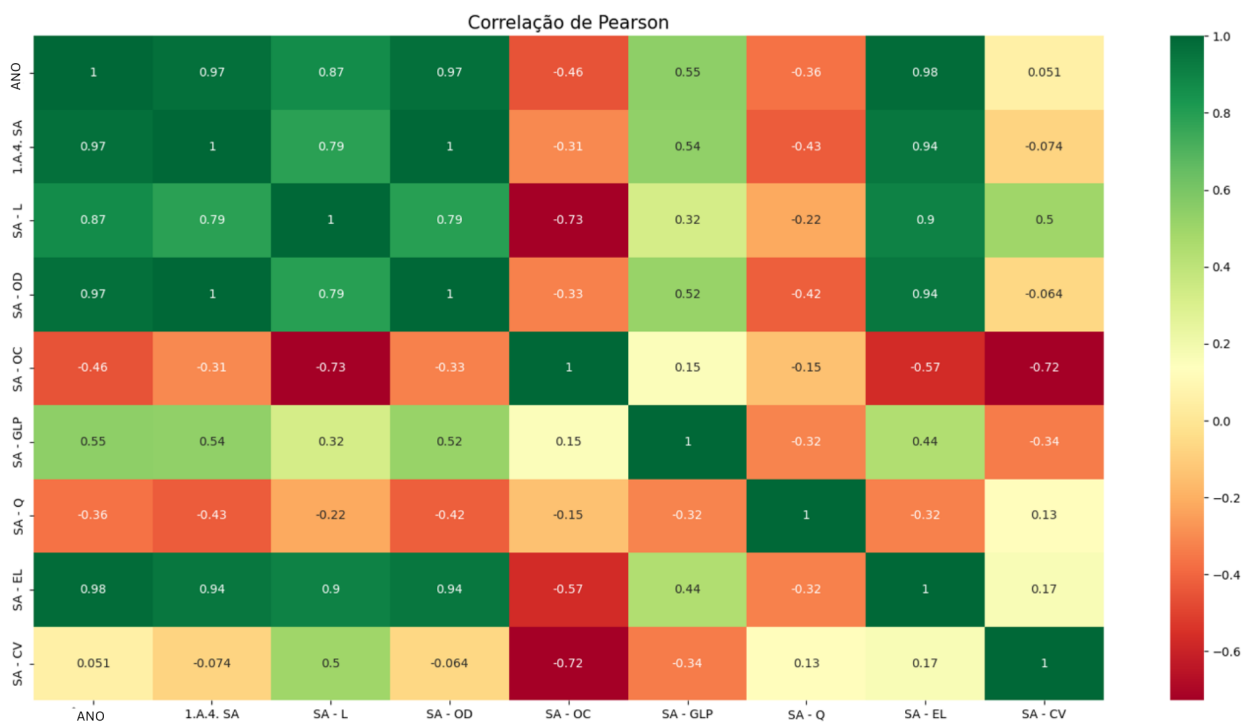


Figura 21 – Correlação Setor Agropecuário

O setor agropecuário diferente dos demais não apresentou queda em 2020, tendo um comportamento quase linearmente crescente durante o período analisado. Dessa forma o setor se distânciava cada vez mais da meta de referência. Na Figura 22 é possível ver os dados comentados.

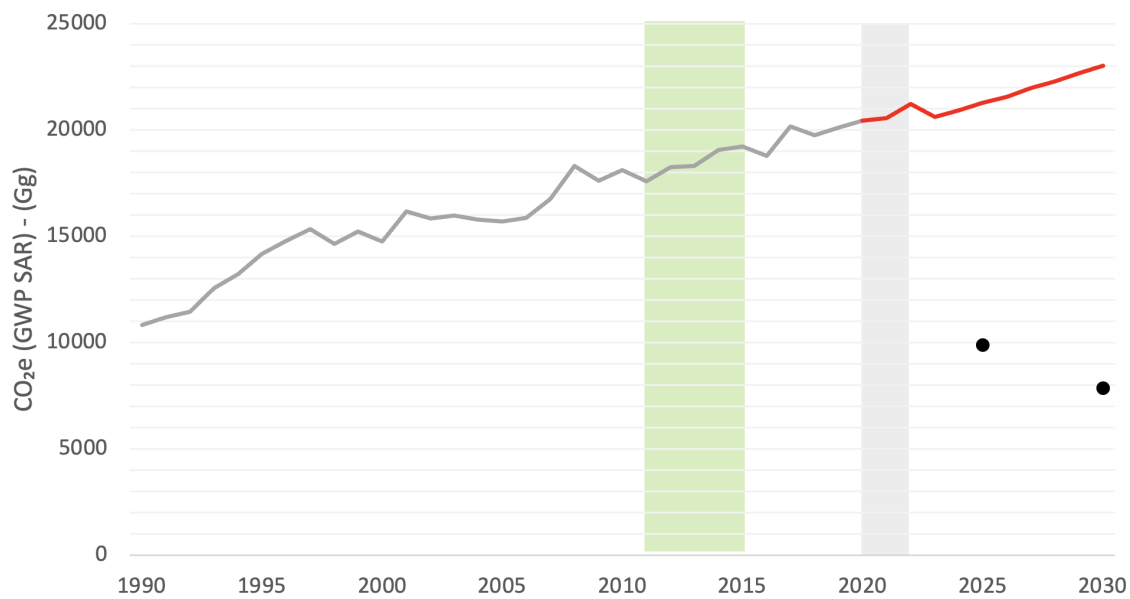


Figura 22 – Previsão Setor Agropecuário. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

3.5 Setor de Transporte Rodoviário

Ao analisar o setor de Transporte Rodoviário, nas Figuras 23 e 24 nota-se uma discrepância entre a correlação entre o ano e as emissões de GEE (1.A.3) nos dois cenários base, que se estende aos cenários complementares 3 e 4, Figuras 14 e 15. Os cenários 1 e 3 apresentam uma correlação extremamente positiva, visto que ambos aumentam, já para o segundo uma correlação extremamente negativa, visto que as emissões de GEE para esse setor está decrescendo quase linearmente ao período.

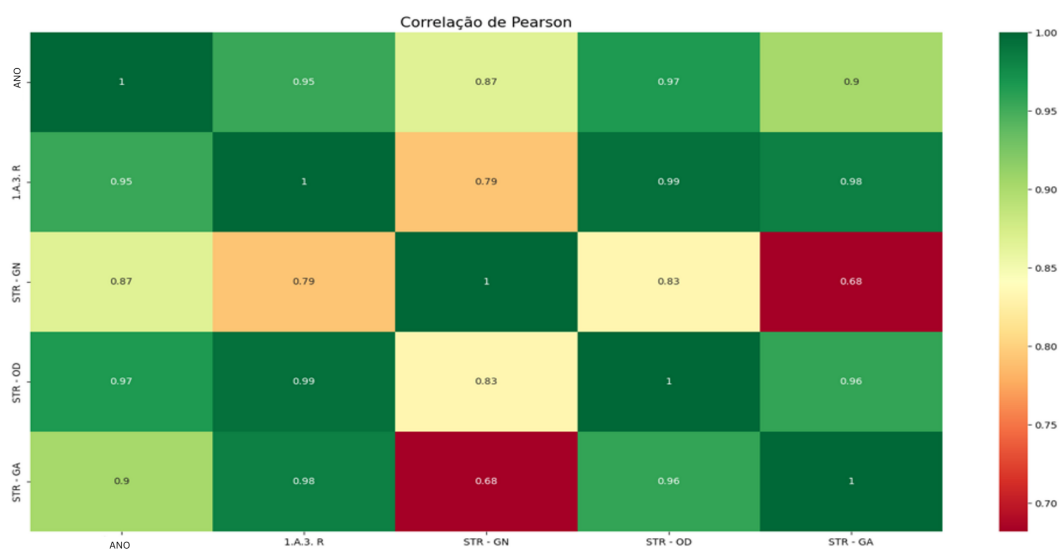


Figura 23 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1

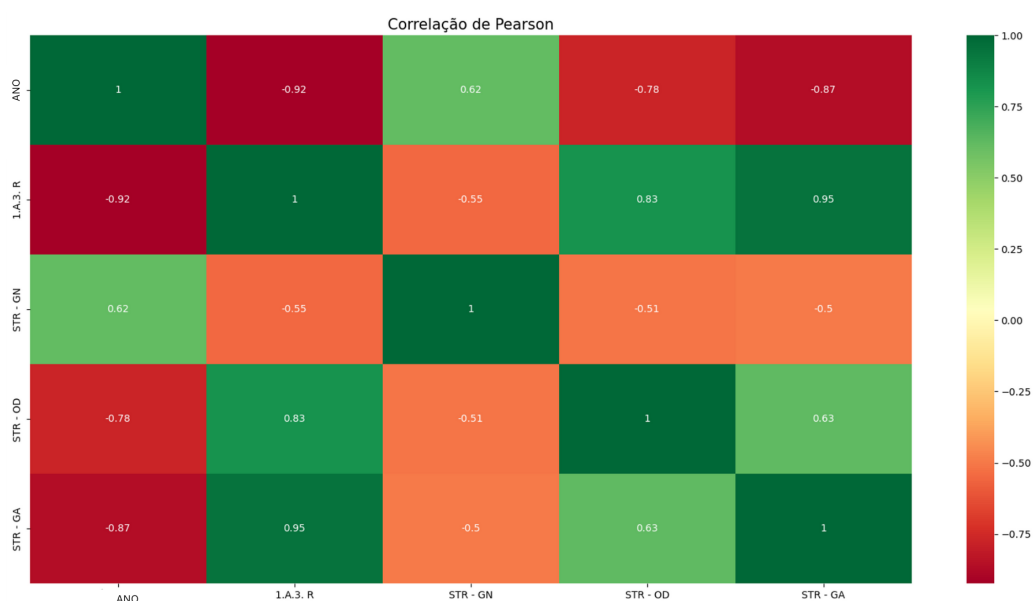


Figura 24 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2

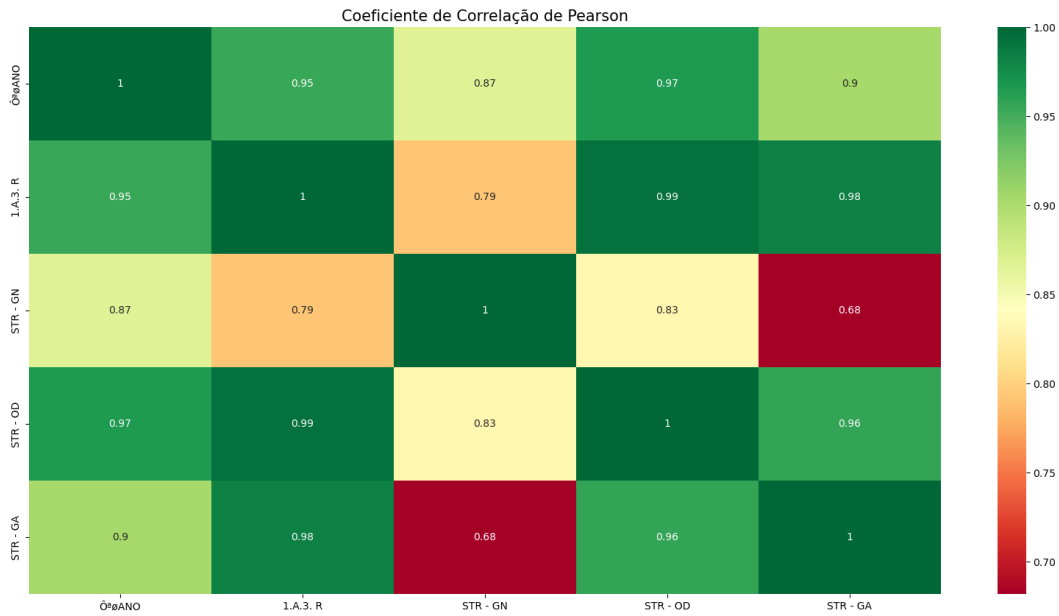


Figura 25 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3

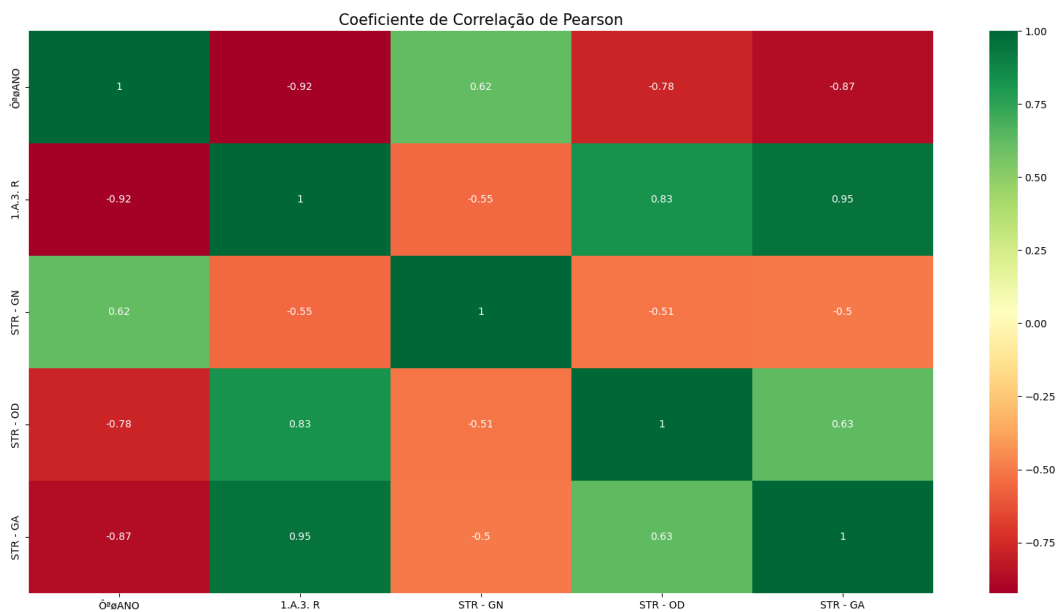


Figura 26 – Correlação Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4

Em relação a previsão, os comportamentos dos cenários comentados anteriormente também não impactaram muito as estimativas. Sendo que ambos apresentam valores bem semelhantes ao final do período. Nota-se que caso adotassem a mesma NDC para esse subsetor os valores previstos são muito acima do esperado, conforme Figura 27.

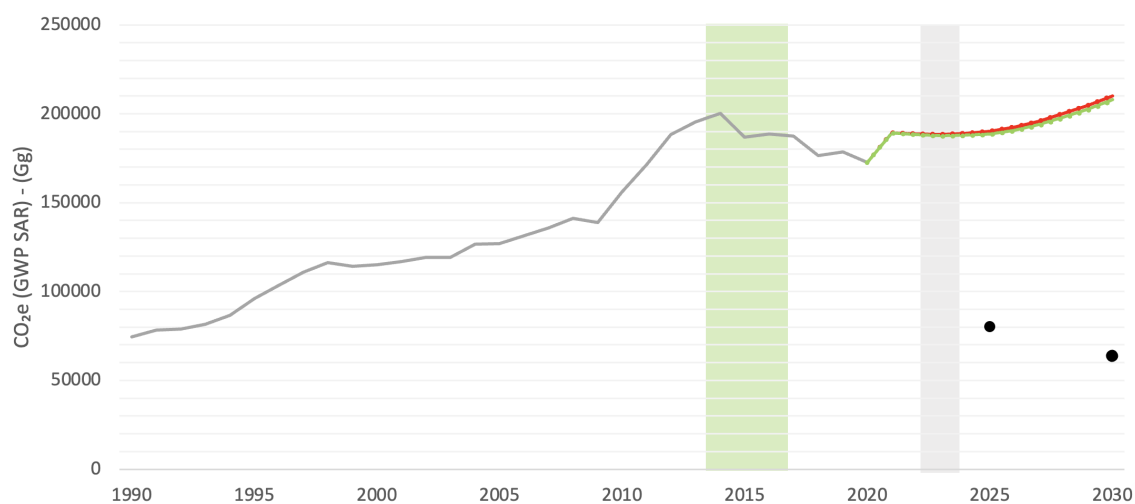


Figura 27 – Previsão Setor de Transporte Rodoviário. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Linha vermelha tracejada (· · ·): Cenário 3; Linha verde (—): Cenário 2; Linha verde tracejada (· · ·): Cenário 4; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

Quanto aos parâmetros comparativos entre os cenários, todos obtiveram ajustes perfeitos.

3.6 Demais Setores de Transporte

As matrizes de correlação para os outros setores de transporte são mostradas nas Figuras a seguir. Nessas matrizes, é possível observar que as emissões de GEE no setor de transporte hidroviário estão altamente correlacionadas com o consumo de óleo combustível. Da mesma forma, no setor ferroviário, as emissões de GEE estão fortemente correlacionadas com o consumo de óleo diesel, enquanto no setor aéreo, há uma correlação significativa entre as emissões de GEE e o consumo de querosene de aviação. Essas correlações se devem ao fato de que esses combustíveis são os principais insumos energéticos utilizados em seus respectivos setores.

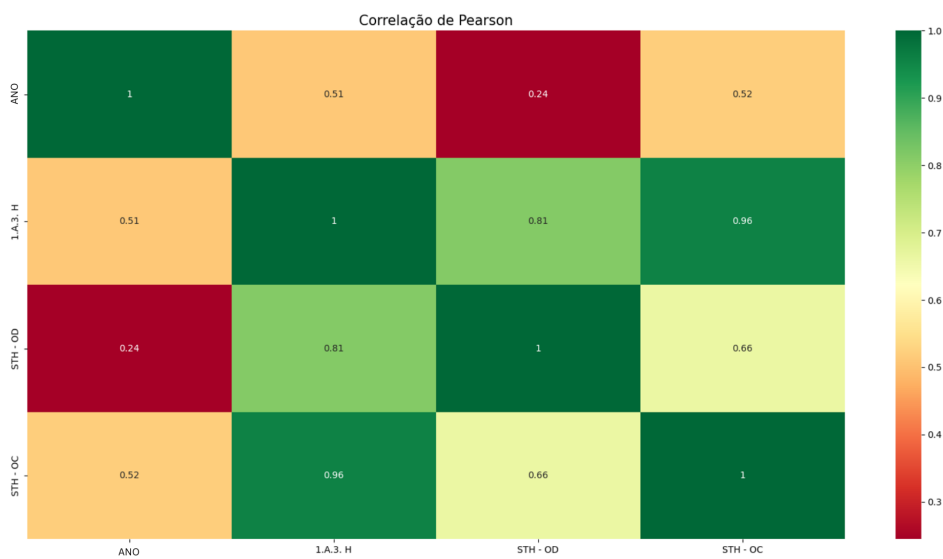


Figura 28 – Correlação Setor Transporte hidroviário

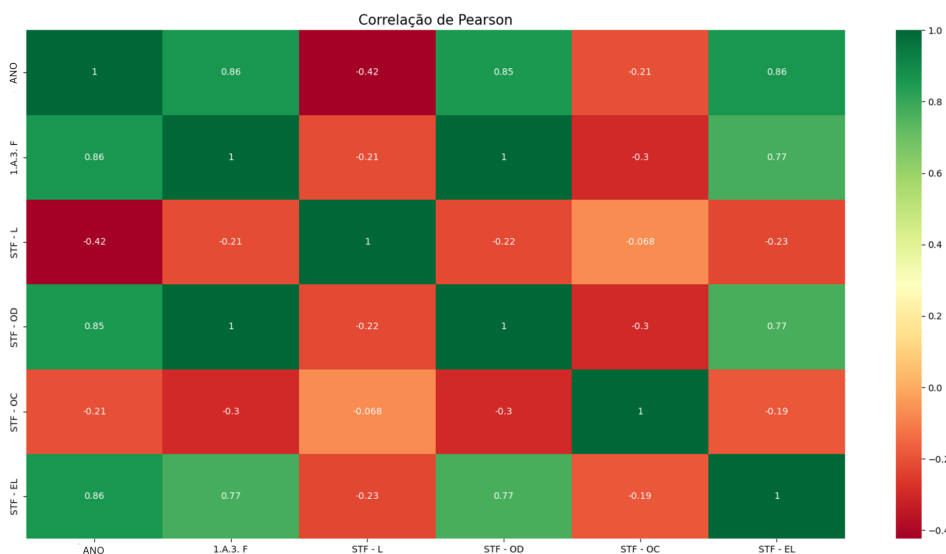


Figura 29 – Correlação Setor Transporte ferroviário

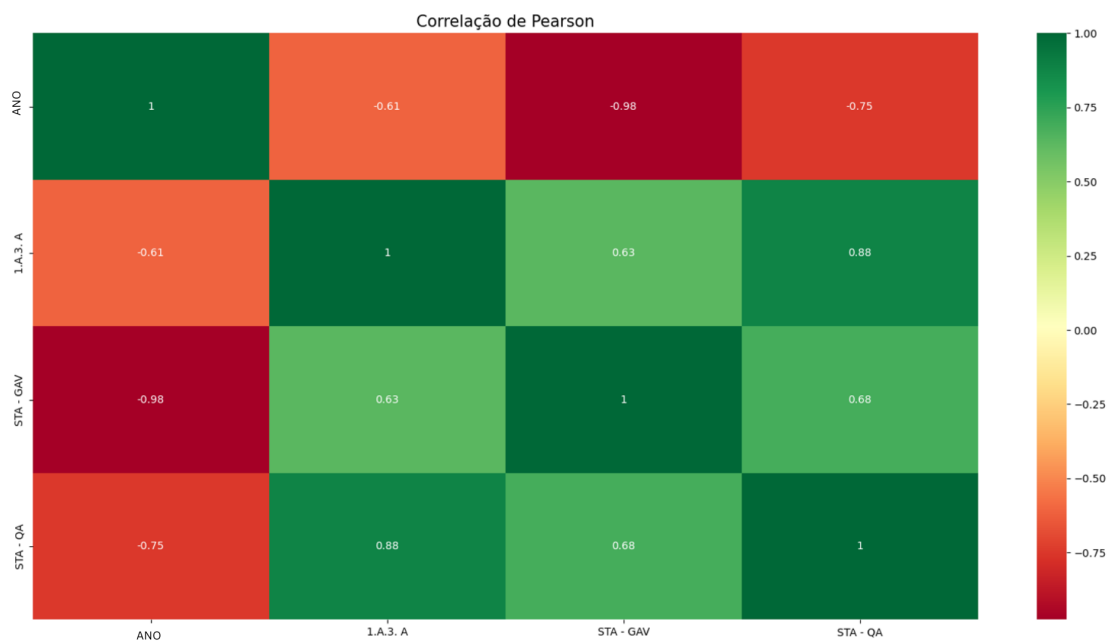


Figura 30 – Correlação Setor Transporte aéreo

Quanto as precisões, nos setores hidroviário e aéreo nota-se um crescimento nas GEE e um afastamento quanto as metas. Já no setor ferroviário o comportamento é levemente decrescente, no entanto ainda bem longe das metas. As Figuras 31, 32 e 33.

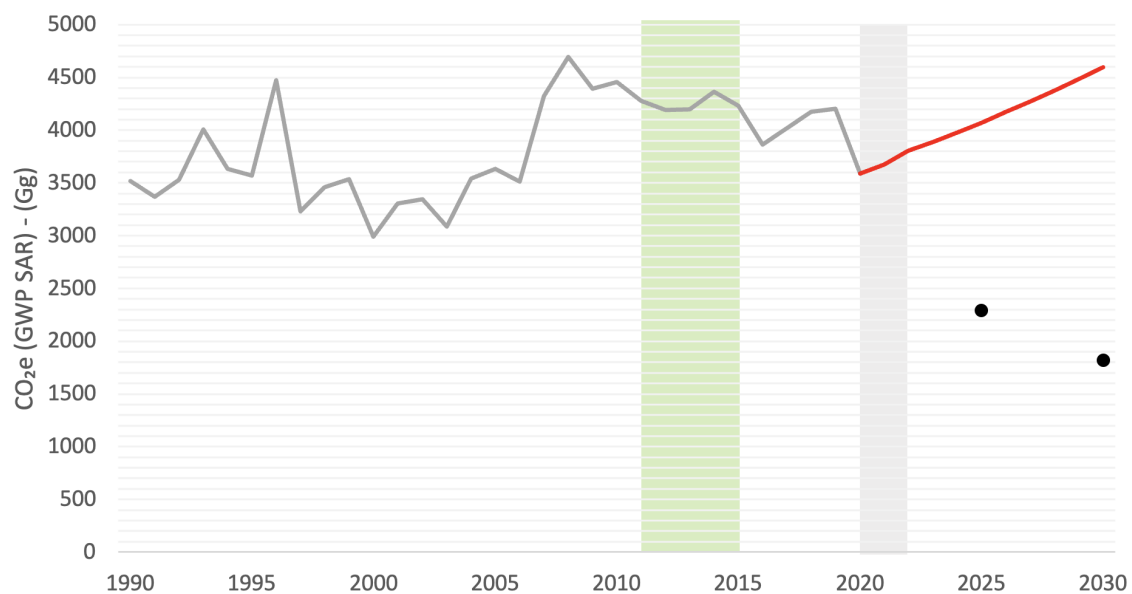


Figura 31 – Previsão Setor Transporte hidroviário. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

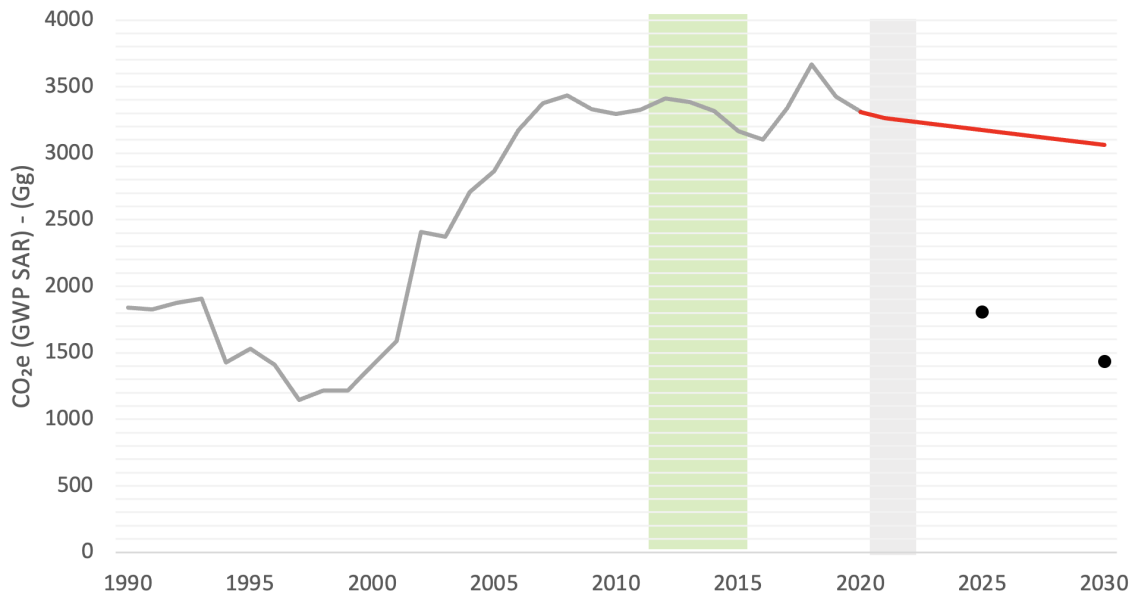


Figura 32 – Previsão Setor Transporte ferroviário. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

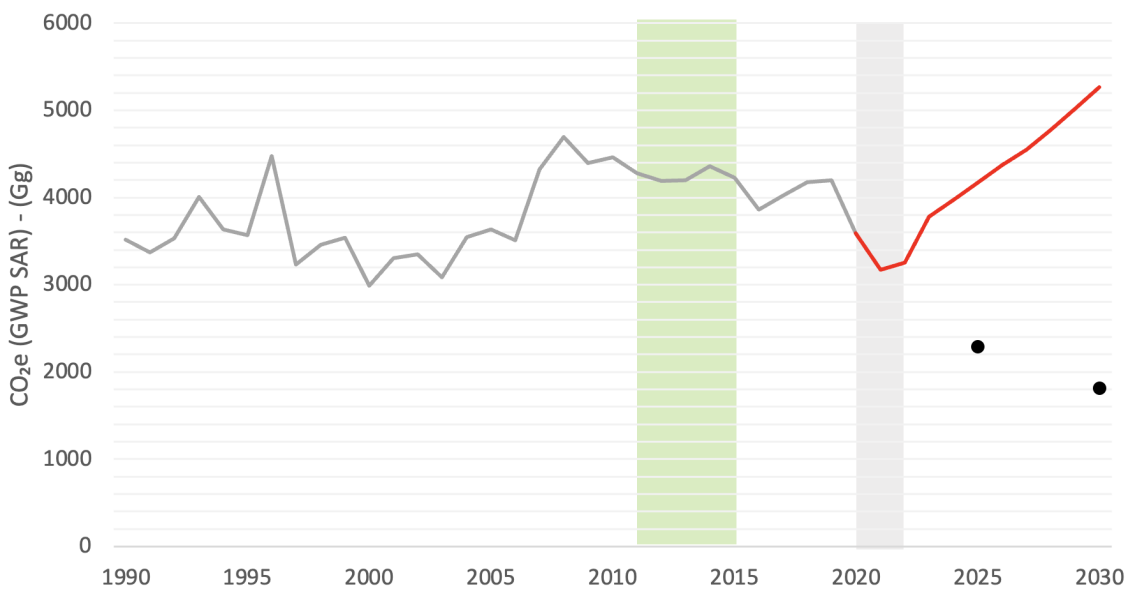


Figura 33 – Previsão Setor Transporte Aéreo. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

3.7 Setor de Industrias de Transformação

Ao analisar o setor de Industrias de Transformação, nas Figuras 34 e 35, nota-se uma discrepância entre a correlação entre o ano e as emissões de GEE nos dois cenários base, que se estende aos cenários complementares 3 e 4 nas Figuras 36 e 37. Fator visto nos setores anteriores.

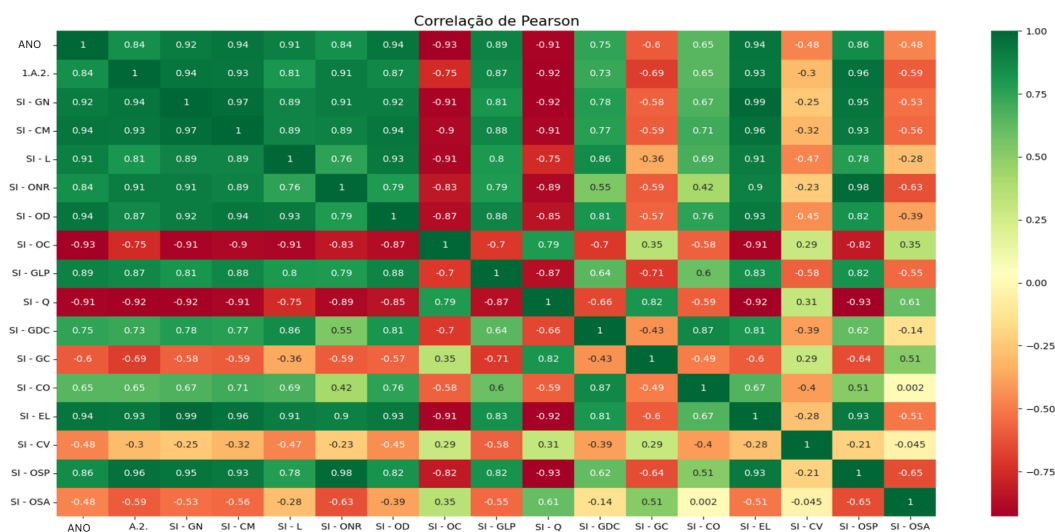


Figura 34 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1

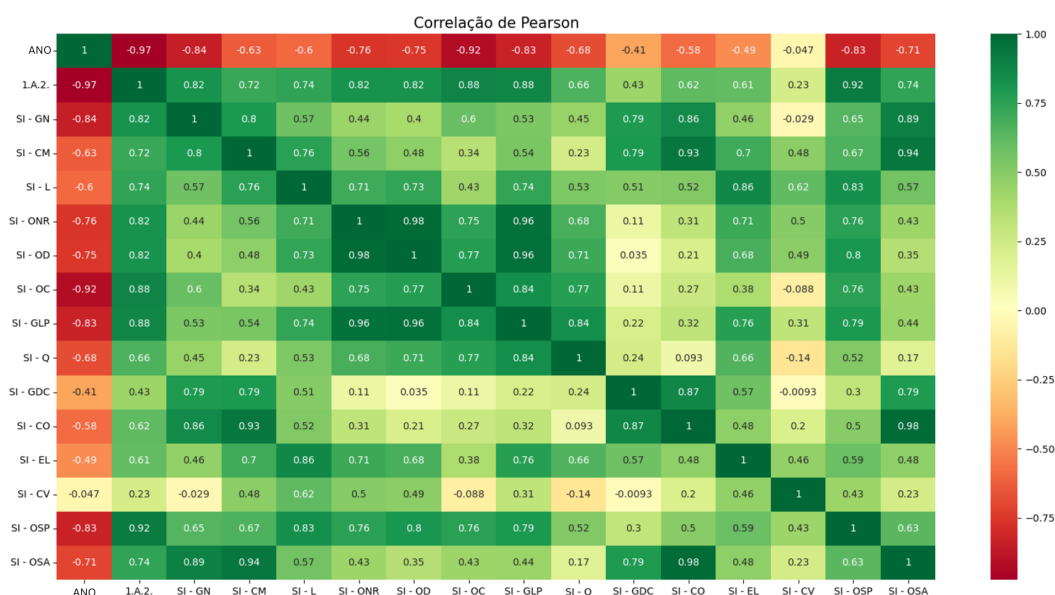


Figura 35 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2

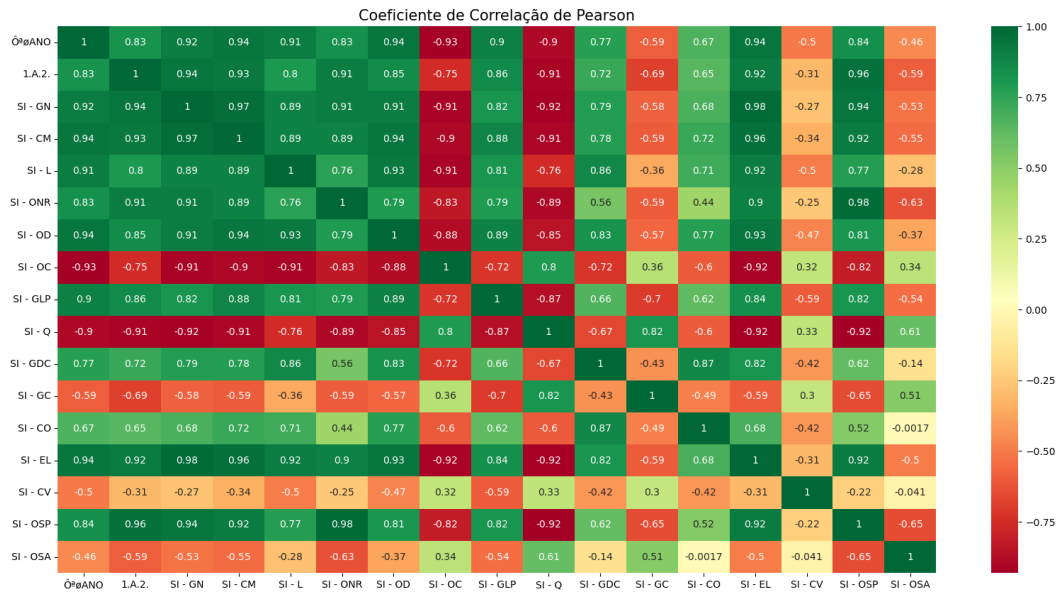


Figura 36 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3

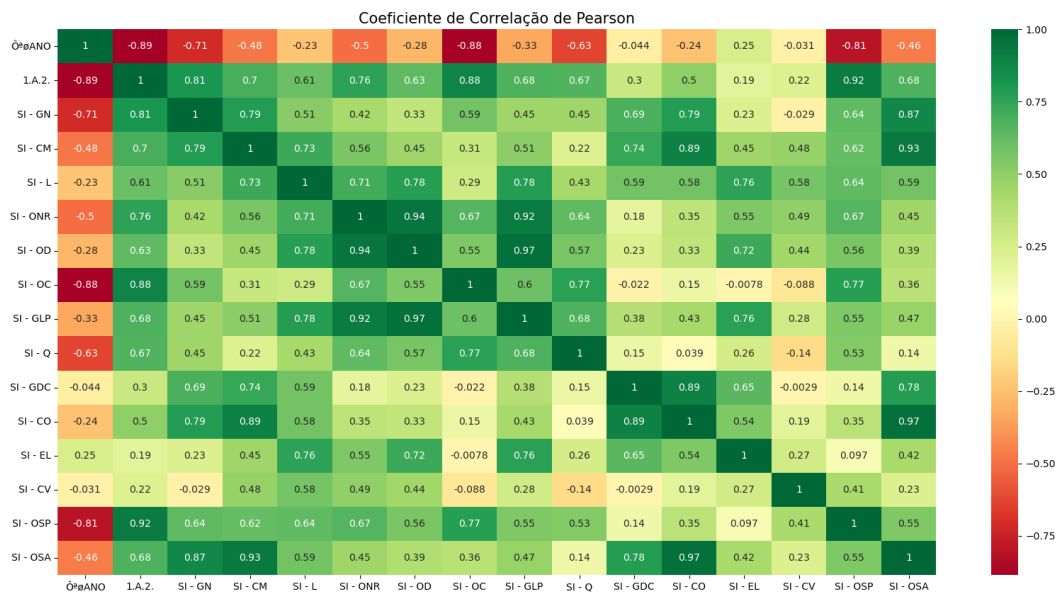


Figura 37 – Correlação Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4

Em relação a previsão, os comportamentos dos cenários comentados anteriormente também não impactaram muito as estimativas. Sendo que ambos cenários base apresentam valores bem semelhantes ao final do período e os setores complementares 3 e 4 obtiveram valores muito próximos aos seus respectivos cenários base. Ou seja, o cenário 3 obteve uma linha quase sobreposta a do cenário 1 e o mesmo para o 4 e 2. O cenário 2 e 4, que imaginava ser mais otimista apresentou emissões de GEE maiores em 2025 se afastando da meta, conforme Figura 38.

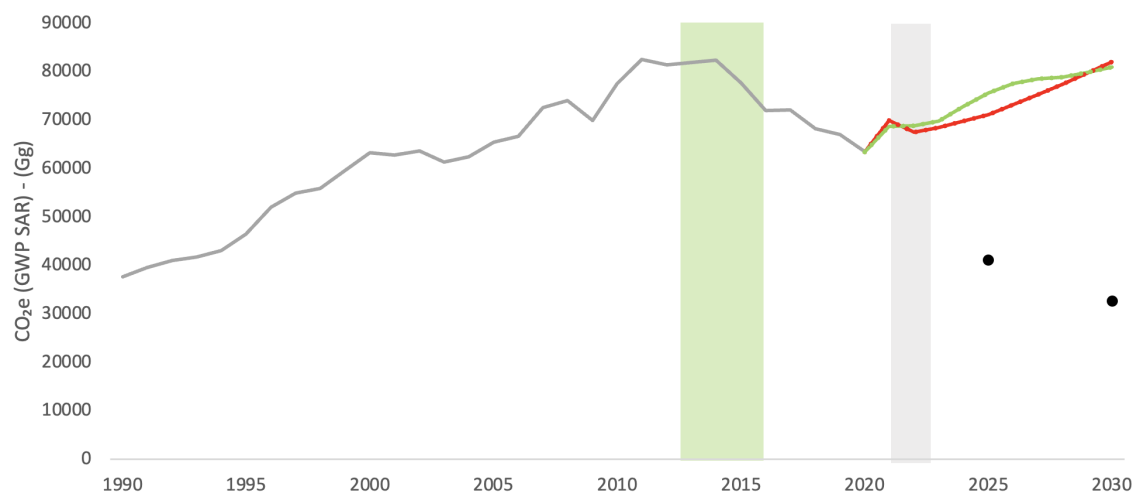


Figura 38 – Previsão Setor de Industrias de Transformação. Linha cinza (—) : Dados históricos; Linha vermelha (—): Cenário 1; Linha vermelha tracejada (· · ·): Cenário 3; Linha verde (—): Cenário 2; Linha verde tracejada (· · ·): Cenário 4; Faixa verde: Período crescente (copa do mundo); Faixa cinza: Período decrescente (pandemia)

Quanto aos parâmetros comparativos entre os cenários, Figura ??, todos obtiveram ajustes muito próximos de 1. Percebe-se também que o modelo mais adequado do cenário 2 e 4 não possuíram interceptações, ou seja não há a presença de um β_0 na equação de regressão.

3.8 Total Setor de Energia - Cenário 1

Lembrando que o cenário 1 é aquele considerando o consumo e emissões de GEE de todos os subsetores a partir de 1990, dessa forma esperava-se resultados com maiores emissões, uma vez que a curva considerando todo esse período era majoritariamente crescente. Como resultados obteve-se o gráfico mostrado na Figura 39.

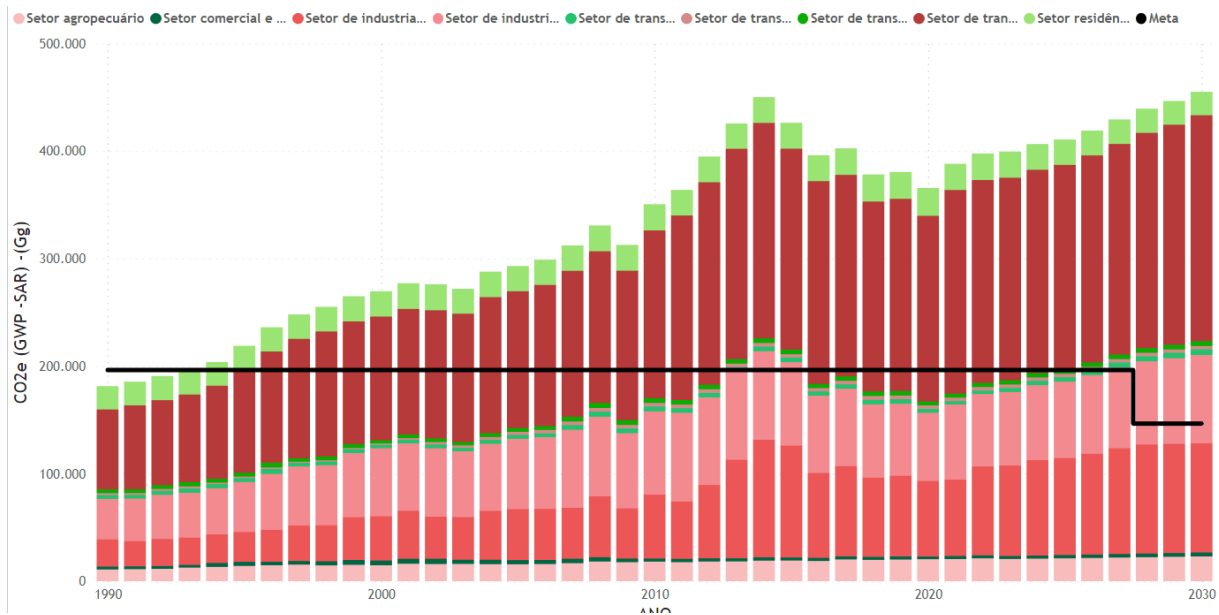


Figura 39 – Resultados de previsão do cenário 1

Nota-se que ao adotar as metas da NDC para esse cenário, os resultados se encontram mais de duas vezes maiores que a meta. A participação do setor de transporte é um obstáculo na diminuição dessas emissões, conforme comentado no tópico 5, sendo a sua participação bem contribuinte em todo o período da previsão. A Figura 43 mostra a participação dos subsetores tanto para 2030, sendo os dois prazos para a meta da NDC.

3.9 Total Setor de Energia - Cenário 2

Para o cenário 2, lembrando que o cenário 2 é aquele considerando o consumo e emissões de GEE de todos os subsetores a partir de 2014, os resultados foram um pouco mais favoráveis. No entanto ainda muito distantes da meta prevista, esse fato decorre em parte pela participação do setor de transporte rodoviário, que não variou muito em nenhum dos cenários e possui grande participação nos dois, os resultados desse cenário é apresentado na Figura 40.

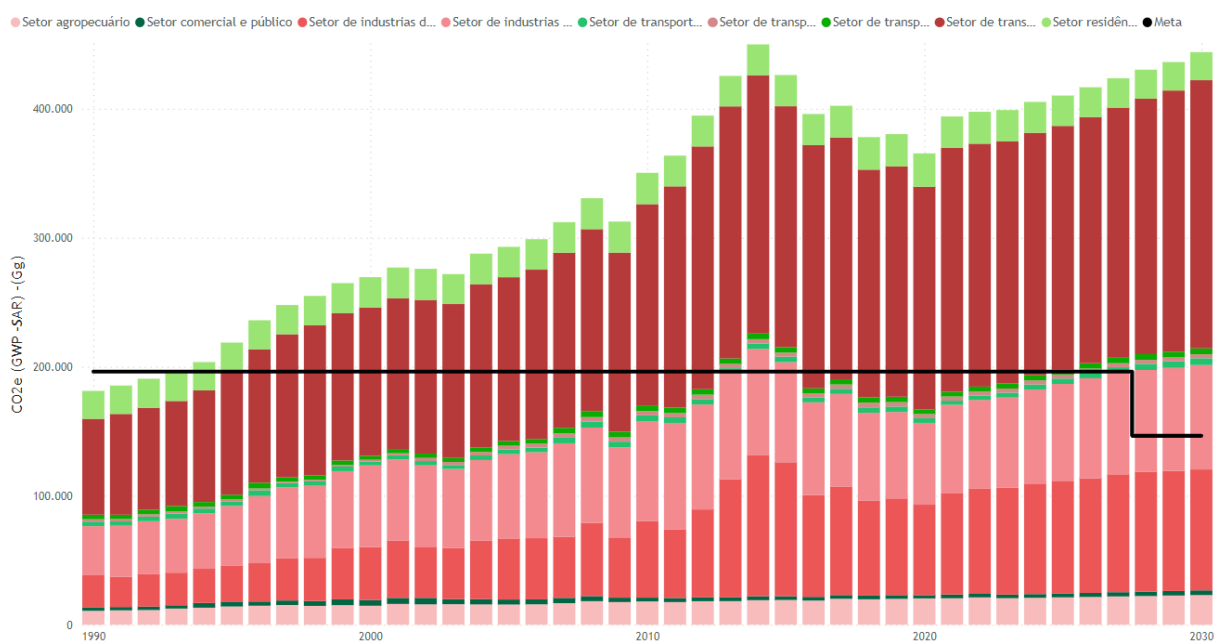


Figura 40 – Resultados de previsão do cenário 2

A Figura ?? mostra a participação dos subsetores tanto para 2030, os dados mantêm uma proporção muito próxima da observada em 2020.

3.10 Total Setor de Energia - Cenário 3

Lembrando que o cenário 3 é aquele considerando o consumo e emissões de GEE de todos os subsetores a partir de 1990 até 2021, complementado com o consumo consolidado de combustíveis até 2021. dessa forma esperava-se resultados com maiores emissões, uma vez que a curva considerando todo esse período era majoritariamente crescente. Como resultados obteve-se o gráfico mostrado na Figura 39.

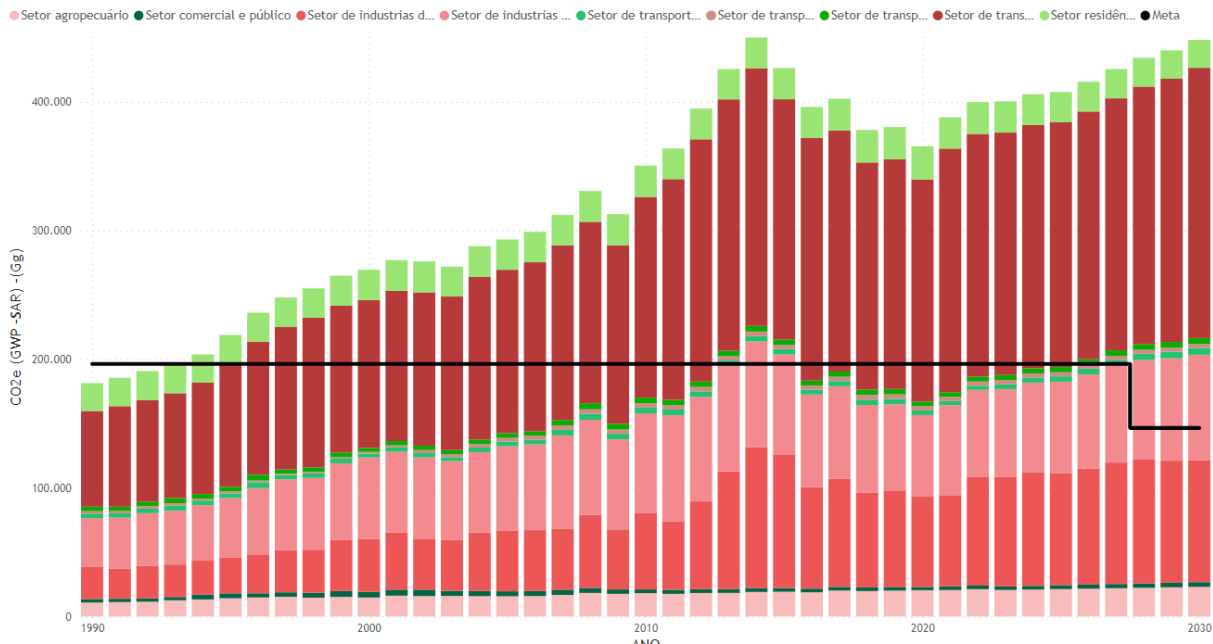


Figura 41 – Resultados de previsão do cenário 3

Nota-se que ao adotar as metas da NDC para esse cenário, os resultados se encontram mais de duas vezes maiores que a meta. A participação do setor de transporte é um obstáculo na diminuição dessas emissões, conforme comentado no tópico 5, sendo a sua participação bem contribuinte em todo o período da previsão. A Figura 43 mostra a participação dos subsetores tanto para 2030, sendo os dois prazos para a meta da NDC.

3.11 Total Setor de Energia - Cenário 4

Para o cenário 4, lembrando que o cenário 4 é aquele considerando o consumo e emissões de GEE de todos os subsetores a partir de 2014 até 2020, complementado com o consumo de 2021, os resultados foram um pouco mais favoráveis e próximos ao do cenário 2, conforme o esperado. No entanto ainda muito distantes da meta prevista, esse fato decorre em parte pela participação do setor de transporte rodoviário, que não variou muito em nenhum dos cenários, os resultados desse cenário é apresentado na Figura 42.

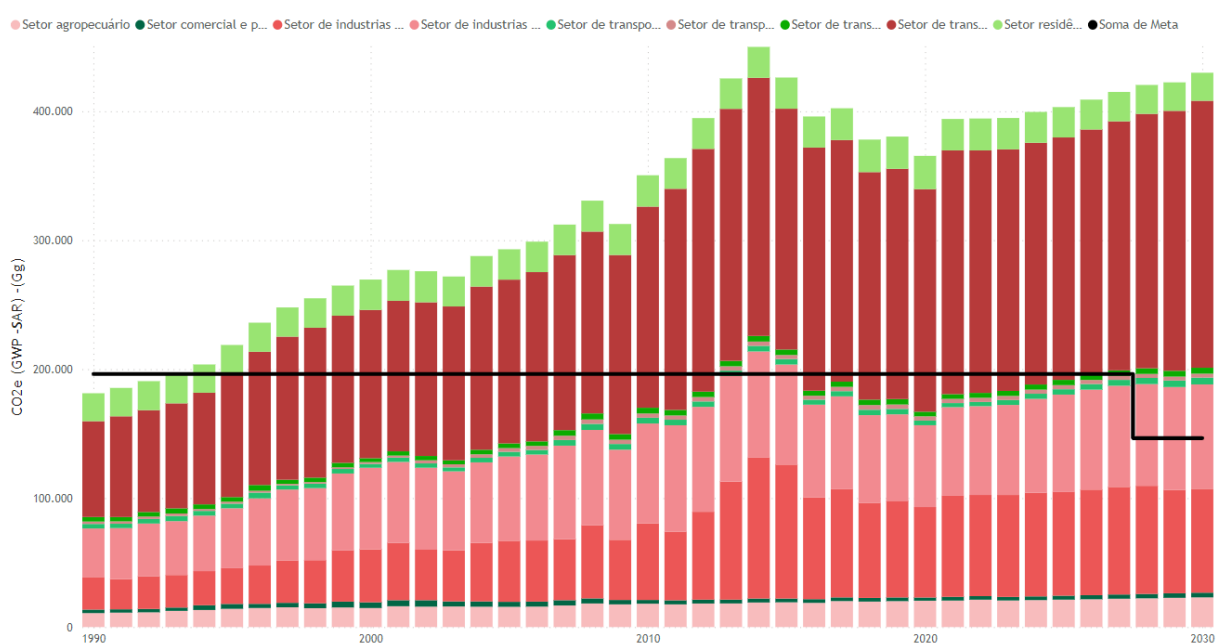


Figura 42 – Resultados de previsão do cenário 4

A Figura 43 mostra a participação dos subsetores tanto para 2030, os dados mantêm uma proporção muito próxima da observada em 2020.

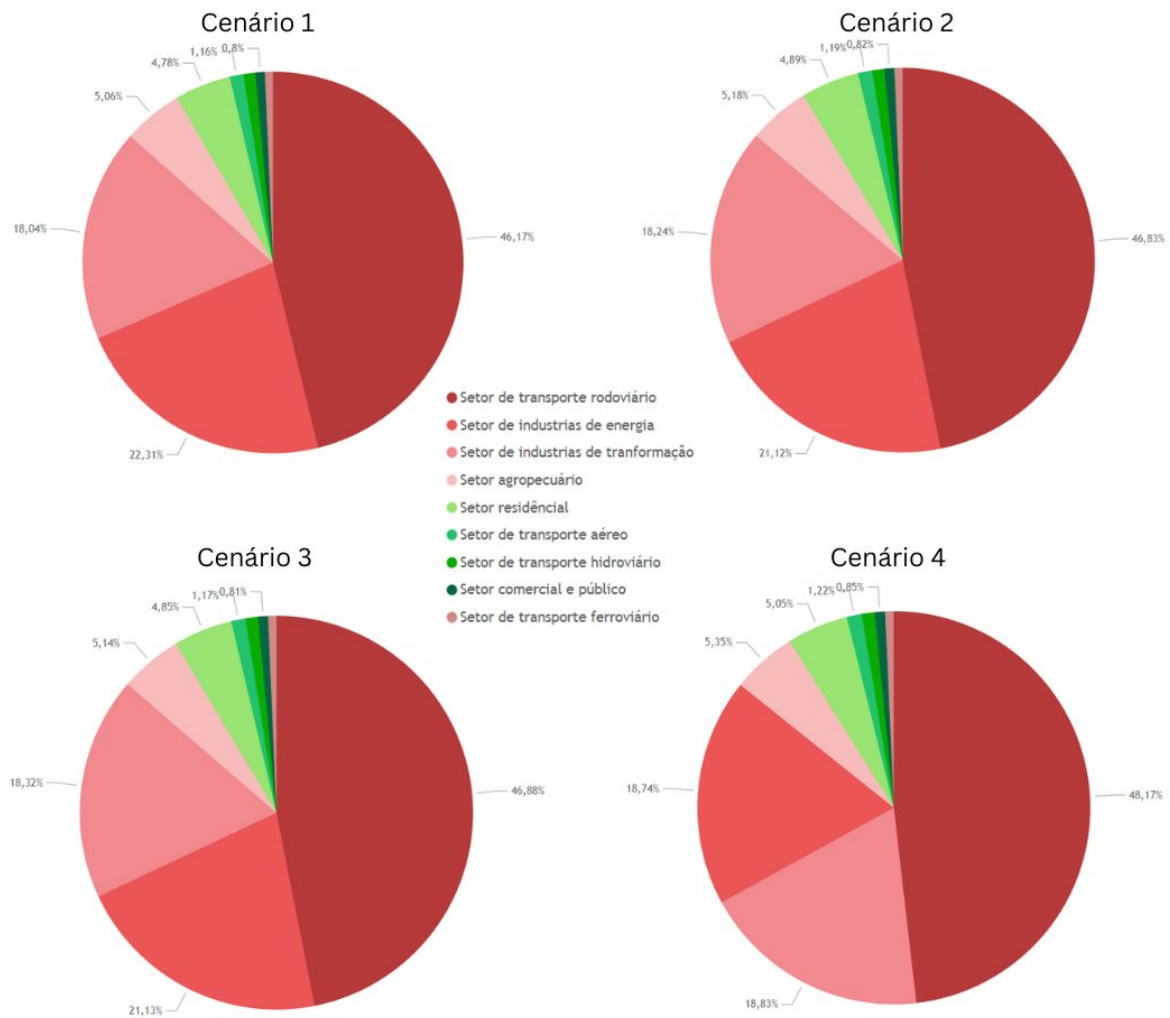


Figura 43 – Participação dos subsetores para 2025 nos quatro cenários

Parte IV

Capítulo 4

4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, foi realizada uma análise dos subsetores do setor de energia, bem como o setor de energia como um todo. Mesmo com a criação de quatro cenários não foi observado um comportamento otimista, ou seja, nenhum deles obtiveram previsões próximas das metas propostas para 2025 e 2030. Lembrando que as metas setoriais e sub setoriais não são oficiais da NDC e sim uma tentativa do estudo de estender para um âmbito mais específico com o objetivo de avaliar os sub setores separadamente.

Um ponto destacado no estudo foi o setor de transporte como um obstáculo significativo para a redução das emissões de GEE, devido à sua relevante contribuição ao longo do período de previsão. Esse fato está em conformidade com a teoria e com os resultados apresentados também nos relatórios do IPCC.

Ademais, em relação ao desempenho dos modelos de regressão calculados neste estudo, foi observado que todos os casos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) próximos de 1, o que indica que os modelos estão bastante ajustados, os erros-padrão também foram baixos na maioria dos casos.

Se conclui dessa maneira que os resultados desta pesquisa foram capazes de suprir o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho. Destaca-se, com os resultados, a necessidade de implementar medidas mais robustas e eficazes para a redução das emissões de GEE nos subsetores de transporte, indústrias de transformação e no setor de indústrias de Energia principalmente, uma vez que são os maiores participante do setor de energia como um todo. Apesar do setor de energia no Brasil não ser o principal nas emissões de GEE ainda é fundamental desenvolver e implementar políticas para a diminuição das emissões do setor, indo em conformidade com as metas adotadas na NDC.

Referências

- BRASIL. *Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. 2015. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- FEW, S. *Why Most Dashboards Fail*. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 38.
- IPCC. *Quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. 2014. Citado 3 vezes nas páginas 13, 24 e 36.
- IPCC. *Sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. 2021. Citado na página 27.
- MCTI. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>: [s.n.], 2010. Citado na página 21.
- MCTI. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>: [s.n.], 2016. Citado na página 21.
- MCTI. *Resultado do Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa por Unidade Federativa*. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.
- MCTI. *Sexta Estimativas de Emissão de Gases do Efeito Estufa no Brasil*. [S.l.]: Pearson, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 36.
- NOAA, N. C. for E. I. *State of the Climate: Global Climate Report for 2022*. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213>: [s.n.], 2022. Citado na página 13.
- UNISDR, U. N. O. for D. R. R. *Economic losses, poverty and disasters 1998-2017*. 2018. Citado na página 13.
- UUNFCCC. *The Paris Agreement*. 2014. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

Anexos

ANEXO A – Comparação do modelo com o real

As previsões também podem ser observadas em comparação com os valores reais, conforme as Figuras abaixo.

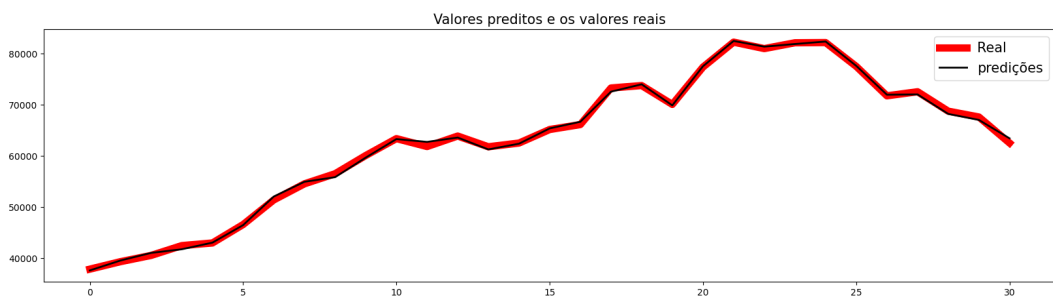


Figura 44 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1

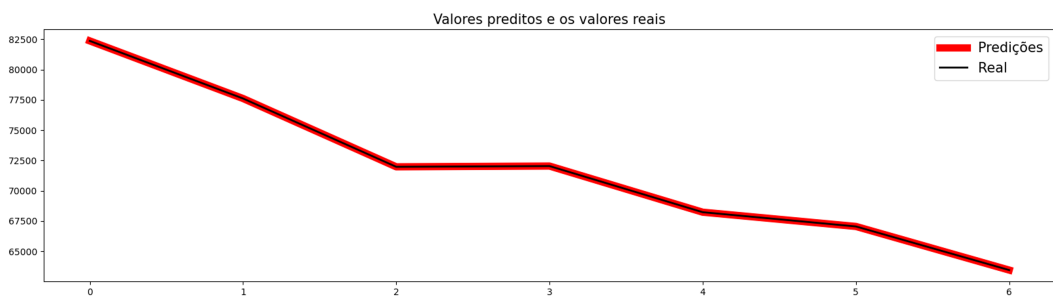


Figura 45 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2

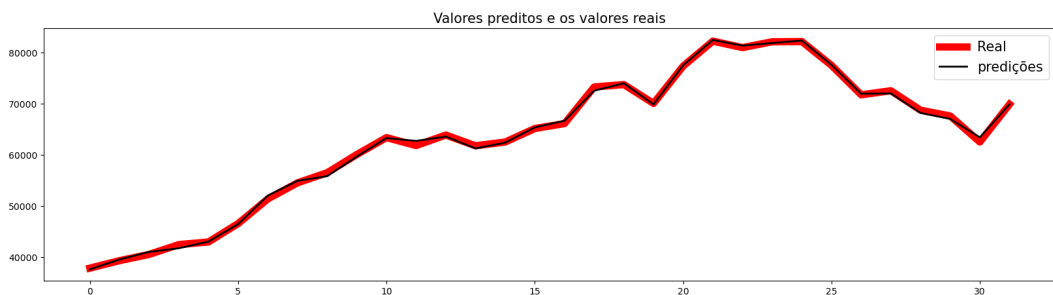


Figura 46 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3

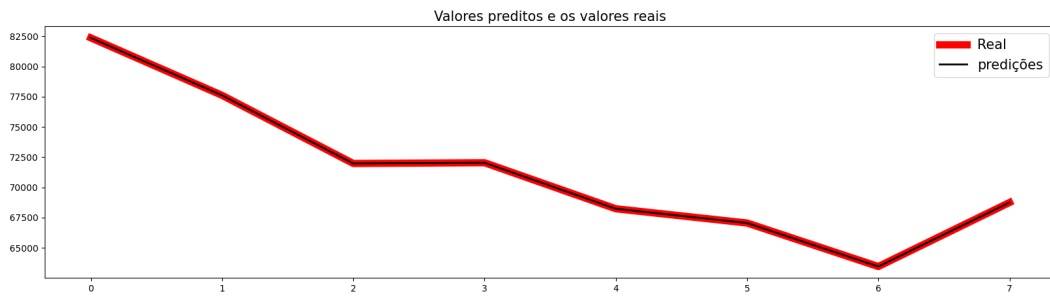


Figura 47 – Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4

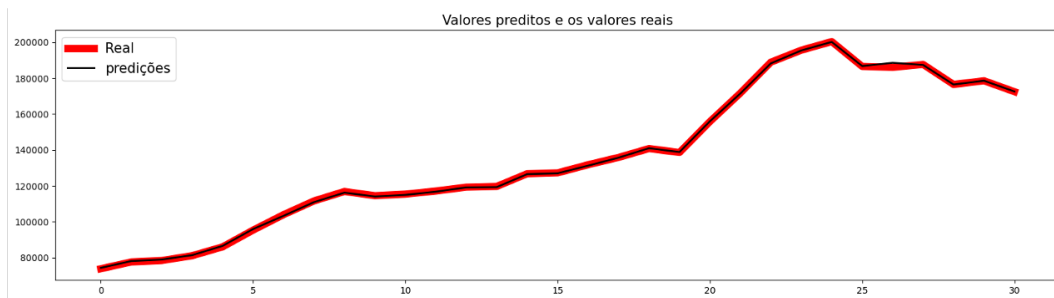


Figura 48 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1

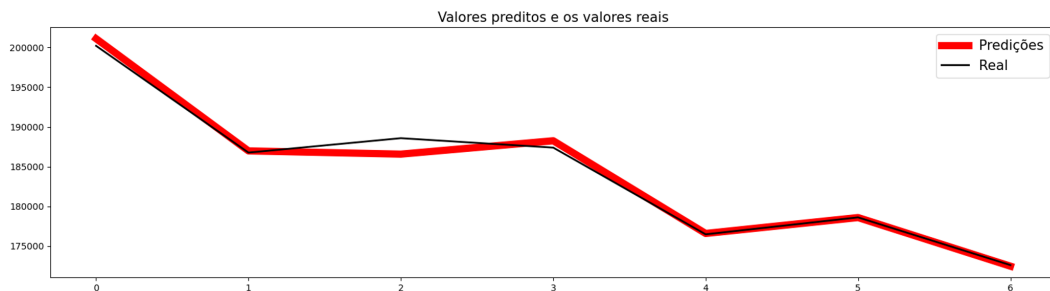


Figura 49 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2

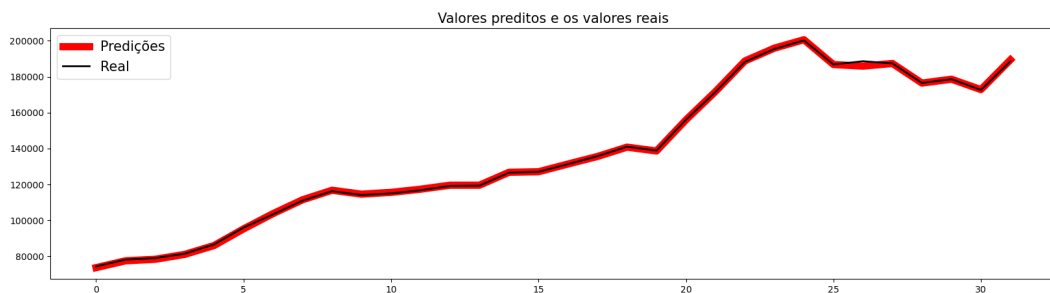


Figura 50 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3

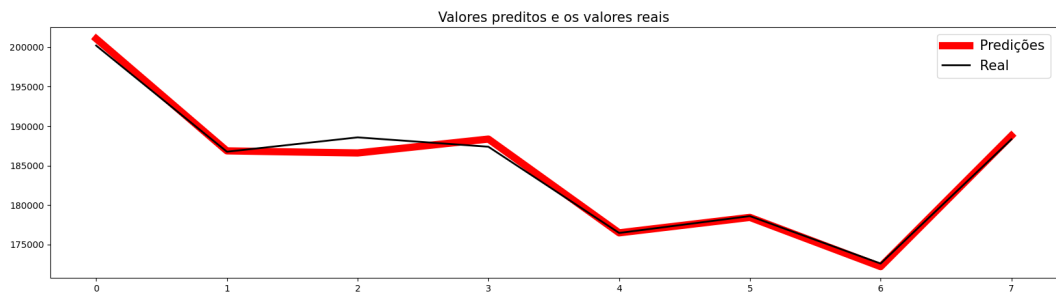


Figura 51 – Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4

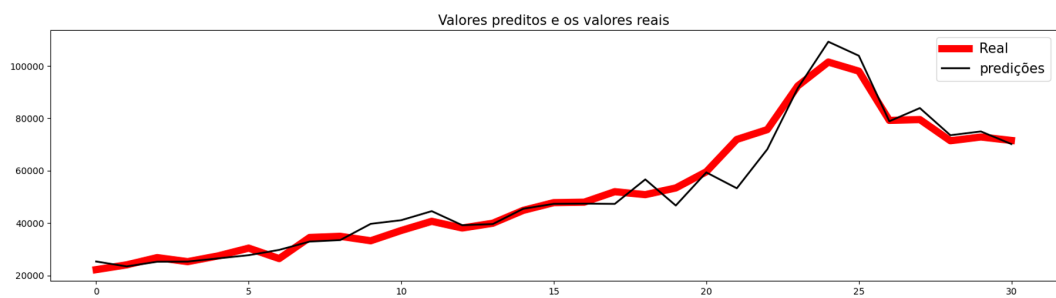


Figura 52 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 1

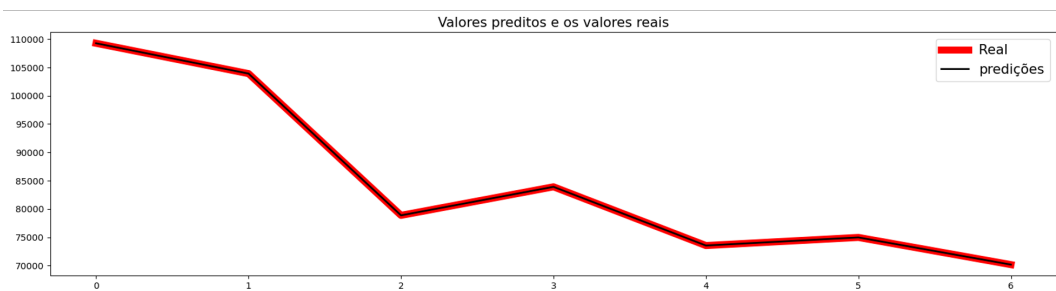


Figura 53 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 2

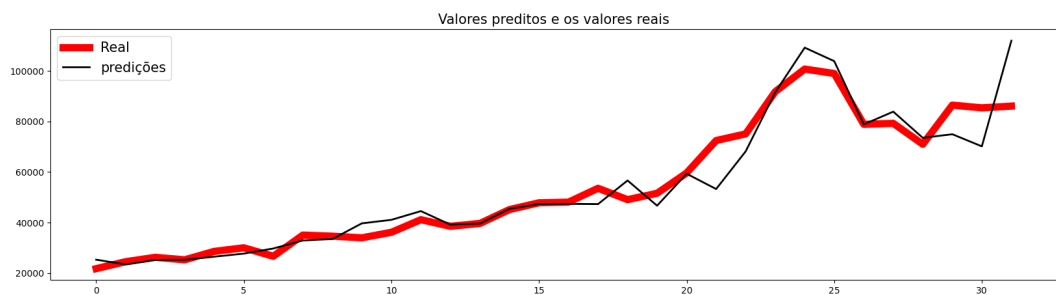


Figura 54 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 3

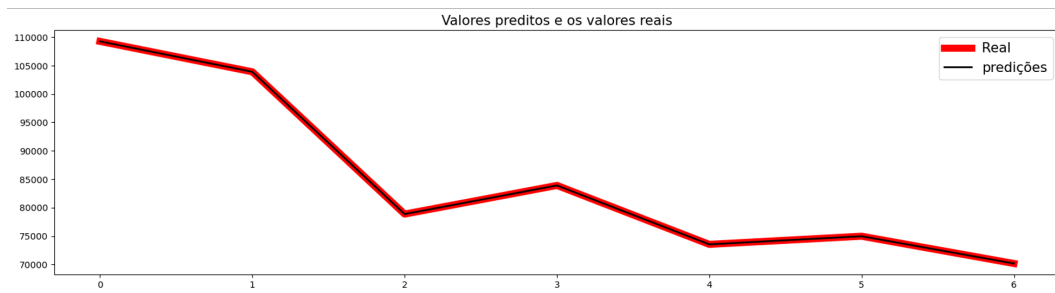


Figura 55 – Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 4

ANEXO B – Resíduos

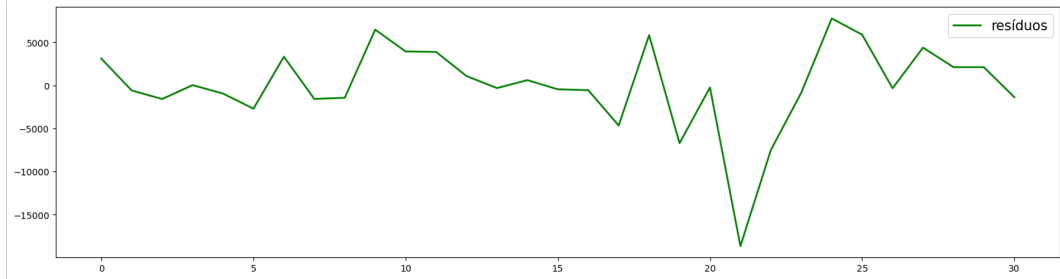


Figura 56 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 1

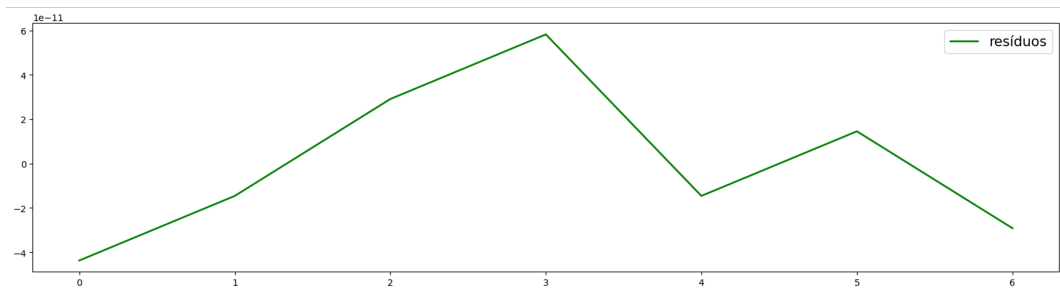


Figura 57 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 2

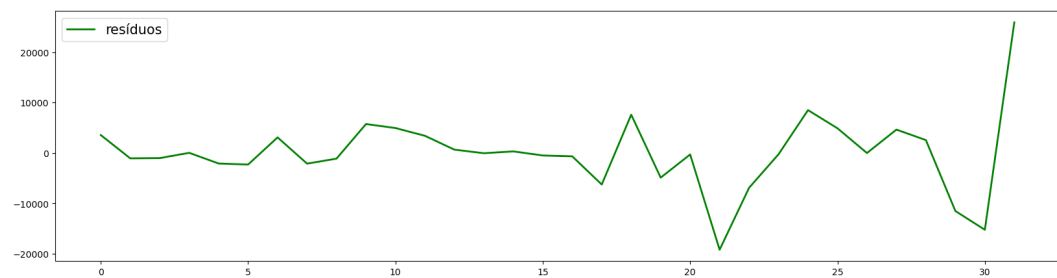


Figura 58 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 3

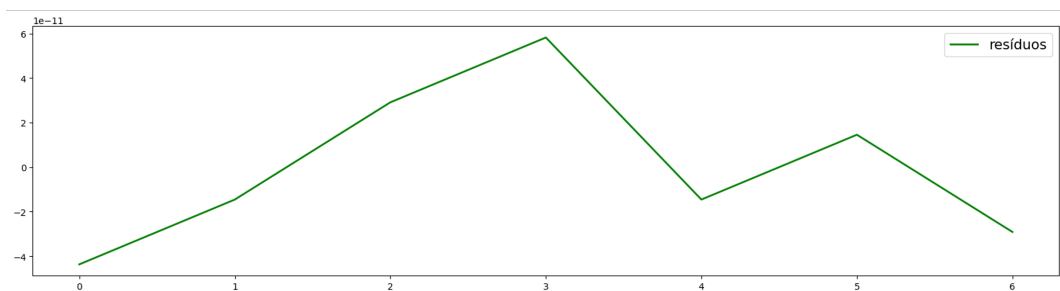


Figura 59 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Energia no Cenário 4

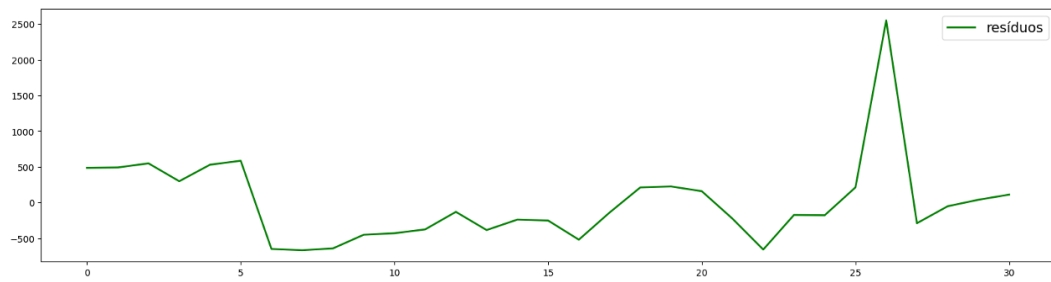


Figura 60 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 1

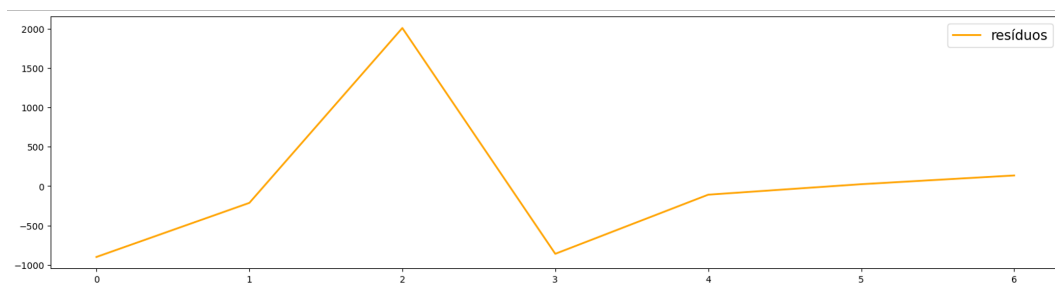


Figura 61 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 2

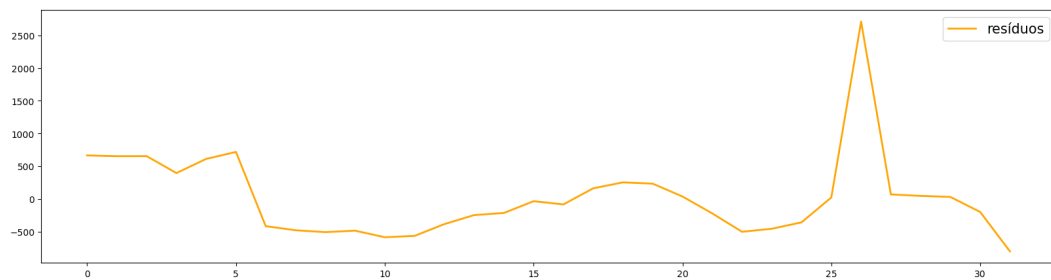


Figura 62 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 3

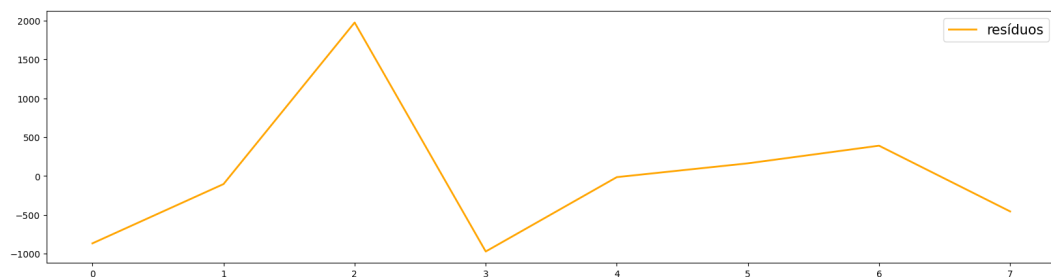


Figura 63 – Resíduos da Regressão Setor de Transporte Rodoviário no Cenário 4

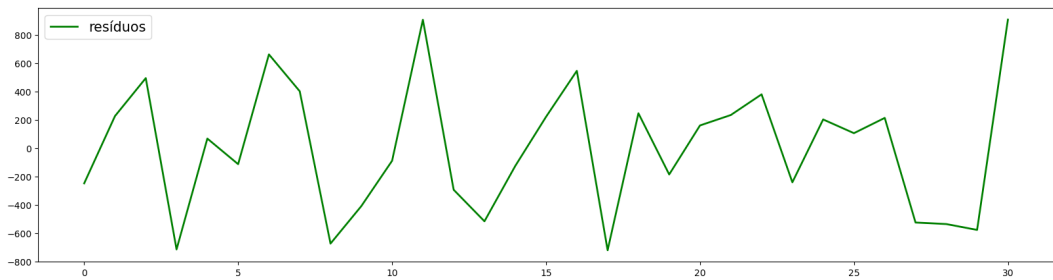


Figura 64 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 1

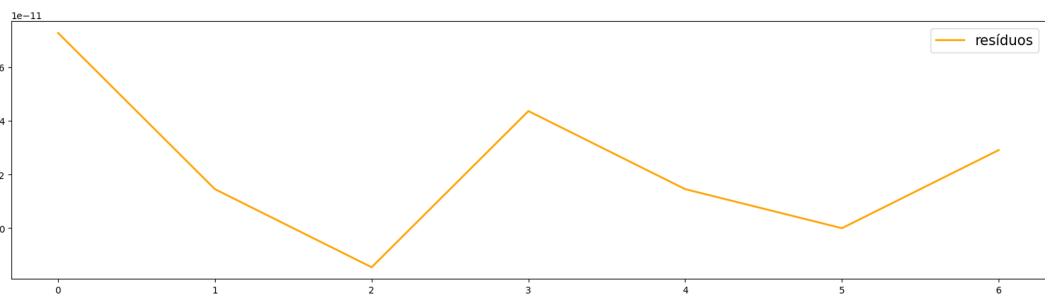


Figura 65 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 2

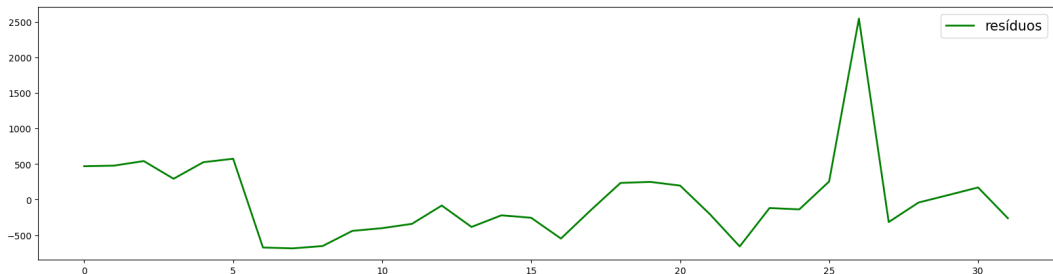


Figura 66 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 3

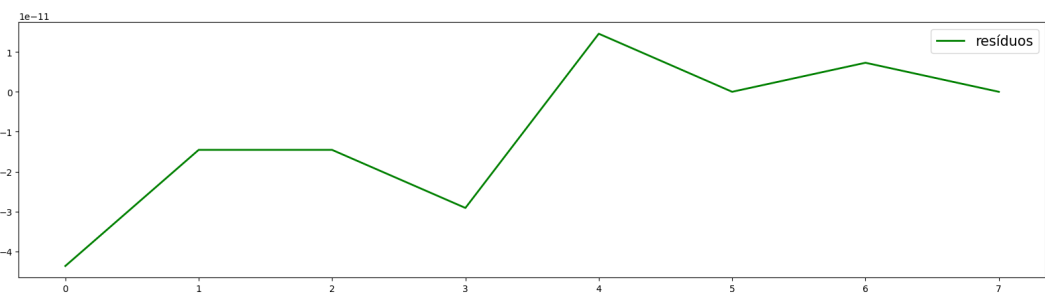


Figura 67 – Resíduos da Regressão Setor de Industrias de Transformação no Cenário 4