

PROJETO PARANÁ CLIMA/2020

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
DO ESTADO DO ESTADO DO PARANÁ**



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SETOR PROCESSOS
INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS**

Versão de março de 2023

SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ
SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

Carlos Massa Ratinho Junior

Governador do Estado do Paraná

Valdemar Bernardo Jorge

Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável

Louise da Costa e Silva Garnica

Diretora Geral da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável

Eduardo Alvim Leite

Diretor-Presidente do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

Everton Luiz da Costa Souza

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra

Christiano Pires de Campos

Coordenador do Segundo Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Paraná (SIMEPAR)

Equipe Técnica SIMEPAR:

Eng Christiano Pires de Campos (Pesquisador, D.Sc.)

Eng Nayana Machado (Pesquisadora, M.Sc.)

Instituições colaboradoras

ANSA – ARAUCÁRIA NITROGENADOS S.A.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

Aviso

Com base nas diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas este documento apresenta os cálculos aplicados para atualizar as estimativas de emissões estaduais que serviram de subsídios para elaboração do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, atendendo o artigo 13 da Política Estadual de Mudança do Clima estabelecida na lei 17.133/2012. Neste trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 2005 a 2019.

Todas as indicações, dados e resultados desse estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). A Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo (SEDEST), o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) ou o(s) autor(es) não podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

Os resultados, as interpretações, as recomendações, as estimativas e as conclusões expressas neste estudo são de responsabilidade dos autores, não refletindo a opinião da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo.

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Metodologia	1
2.1. Cálculo das emissões	3
2.2. Dados de atividade	4
2.2.1. Indústria Mineral	4
2.2.2. Indústria Química	8
2.2.3. Indústria Siderúrgica	9
2.2.4. Outras Indústrias	10
2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros	10
3. Resultados	12
3.1. Comparação com outras estimativas	14
3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	16
4. Referências	18

1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa dos subsetores do setor **2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)** como parte integrante das atividades emissoras consideradas no Segundo Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná (2INVPR) para o período de 2005 e 2019.

Neste documento são descritas as fórmulas, dados de atividades, fatores de emissão e apresentação dos resultados. Bem como, uma breve comparação do Segundo Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2INVPR) com os valores obtidos em outros documentos que também estimam as emissões estaduais no Paraná: 1º inventário estadual do Paraná (2005-2012) (1INVPR, 2012), (SEMA, 2014), estimativas estaduais apresentadas no Relatório de Referência do Setor Industrial da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020a, 2020b) e das estimativas estaduais apresentadas na Nota Metodológica do Setor Industrial (versão 8) do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2005-2019) (SEEG, 2021).

2. Metodologia

As emissões estimadas foram baseadas nas diretrizes propostas nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2006). Cada Subsetor é apresentado por capítulos no volume 3, seguindo a distribuição:

- Indústria Mineral (2.A) - (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; V.3, C.2, Mineral Industry Emissions)
- Indústria Química (2.B) - (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; V.3, C.3, Chemical Industry Emissions)
- Indústria Metalúrgica (2.C) - (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; V.3, C.4, Metal Industry Emissions)

Referente aos dados de atividade das subcategorias, para cada subsetor foram consideradas informações disponíveis em plataformas de dados públicos confiáveis e acessíveis. A qualidade e escala das informações variaram de acordo com as singularidades e disponibilidade de dados de cada subsetor. De maneira geral os cálculos foram embasados em valores anuais municipais, como por exemplo, dados sobre a produção municipal de determinado produto, ou ainda da capacidade municipal instalada de determinada produção. São também considerados dados a partir da proporção da participação municipal da emissão total estadual, ou da proporção da participação estadual no total nacional.

Os gases inventariados nesse setor foram o dióxido de carbono (CO₂), emitido em processos físico químicos que ocorrem em diversos tipos de atividades industriais; hexafluoreto de enxofre (SF₆), emitido pelo uso de outros produtos; e os gases da família dos hidrofluorcarbonos (HFCs), que geram emissões a partir do uso de equipamentos de refrigeração.

De acordo com o IPCC, a complexidade metodológica dos cálculos de emissões pode ser fornecida em três níveis. Tier 1, o método genérico, Tier 2 intermediário e Tier 3 o mais detalhado e específico. A **Tabela 01** traz um detalhamento da classificação do Tier e do tipo de gás considerado de acordo com cada tipo de produção industrial. Para as atividades industriais que não foi possível aplicar alguma das opções metodológicas (Tier) do IPCC devido a dados de entrada insuficientes, foram feitas inferências a partir das emissões estaduais/nacionais considerando as proporções estadual de produção.

Tabela 01. Lista dos gases de efeito estufa e Tier utilizados para calcular as emissões do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos no Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados				
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	SF ₆
2	Processos Industriais e Uso de Produtos					
2.A	Indústria Mineral					
2.A.1	Produção de cimento	1	N.A.	N.O.	N.O.	N.O.
2.A.2	Produção de cal	1	N.A.	N.O.	N.O.	N.O.
2.B	Indústria Química					
2.B.1	Produção de amônia	1	N.A.	N.A.	N.O.	N.O.
2.B.8	Produção de metanol	1	N.A.	N.O.	N.O.	N.O.
2.C	Indústria Metalúrgica					
2.C.1	Produção de aço	1	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
	Outras indústrias					
2.F	Usos de produtos como substitutos para substâncias destruidoras da camada de ozônio	N.O.	N.O.	N.O.	Próprio	N.O.
2.G	Fabricação e uso de outros produtos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	Próprio

Obs: N.A. - Não Aplicável; N.O. - Não Ocorre.

2.1. Cálculo das emissões

De acordo com as atividades industriais ativas no estado do Paraná foram identificadas emissões nos seguintes subsetores: Indústria Mineral (2.A) (produção de cimento e cal), Indústria Química (2.B) (produção de amônia e metanol), Indústria Metalúrgica (2.C) (produção de aço). Também foram estimadas indiretamente as emissões referentes aos subsetores de Uso de gases fluorados (2.F) e a Manufatura e uso de outros produtos (2.G).

Os cálculos das emissões dos subsetores industriais foram realizados com base nas metodologias descritas nos capítulos 2, 3 e 4 do Volume 3 do Guia Metodológico do IPCC (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.3, Industrial Processes and Product Use). As equações utilizadas estão descritas de acordo com as atividades industriais:

Emissão em Gg de CO ₂ produção de cimento = $(Prod_{\text{cimento}} \times C_{\text{Clínquer}} \times E_{\text{clínquer}}) / 10^6$	Eq. (01)	Equação 2.1 (adaptado), Cap.2, Volume 3. (IPCC, 2006)
--	----------	--

Onde:

$Prod_{\text{cimento}}$ = Produção municipal anual de cimento, toneladas;

$C_{\text{Clínquer}}$ = Relação de tonelada de clínquer/tonelada de cimento produzido, adimensional;

$EF_{\text{Clínquer}}$ = Fator de emissão de CO₂ na produção anual de clínquer, kg de CO₂/tonelada de clínquer.

Emissão em Gg de CO ₂ produção de cal = $(Prod_{\text{cal}} \times EF_i) / 10^6$	Eq. (02)	Equação 2.6 (adaptado), Cap.2, Volume 3. (IPCC, 2006)
--	----------	--

Onde:

$Prod_{\text{cal}}$ = Produção municipal anual de cal, toneladas;

EF_i = Fator de emissão de CO₂ na produção anual de cal do tipo i, tonelada de CO₂ /tonelada cal.

Emissão em Gg de CO ₂ produção de substâncias químicas = $(Prod_p \times EF_{pi}) / 10^6$	Eq. (03)	Equação 2.6 (adaptado), Cap.3, Volume 3. (IPCC, 2006)
---	----------	--

Onde:

$Prod_p$ = Produção anual da substância química p, tonelada;

EF_p = Fator de emissão de CO₂ na produção anual da substância química pi, tonelada de CO₂/tonelada substância.

Emissão em Gg de CO ₂ produção de aço = $(Prod_{aço} \times EF_{aço}) / 10^6$	Eq. (04)	Equação 4.4 (adaptado), Cap.4, Volume 3. (IPCC, 2006)
---	----------	--

Onde:

$Prod_{aço}$ = Produção municipal anual de aço, tonelada;

$EF_{aço}$ = Fator de emissão de CO₂ na produção anual de aço tonelada de CO₂ /tonelada
aço.

As emissões dos subsetores 2.F (Usos de produtos como substitutos para substâncias destruidoras da camada de ozônio) e 2.G (Fabricação e uso de outros produtos) foram estimadas indiretamente. Devido a ausência de informações em nível municipal ou ainda estadual destes dois subsetores, estas emissões foram estimadas a partir das emissões nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020b). Assumiu-se que a participação dos municípios nas emissões anuais nacionais de HFCs e de SF₆ são proporcionais à razão entre a população do município e a do Brasil.

2.2. Dados de atividade

Os principais dados de atividade utilizados na estimativa das emissões do setor **2 Processos Industriais e Uso de Produtos** são dados de produção industrial anual, composição química dos insumos, e participação municipal/estadual no setor.

2.2.1. Indústria Mineral

A indústria mineral representa as emissões estaduais a partir da produção de cimento e cal. Os dados municipais de entrada da indústria do cimento foram: as produções estaduais anuais de cimento, as produções anuais municipais, e a relação nacional anual clínquer/cimento. Desta forma foi possível inferir a quantidade de clínquer consumido anualmente no estado e valores municipais. A **Tabela 02** resume essas informações ao longo do período estudado.

Os dados de produção estadual de cimento foram determinados a partir das informações disponíveis nos Relatórios Anuais do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2019, 2020). A fração anual de clínquer no cimento foi obtida a partir dos valores nacionais anuais de consumo médio de clínquer por cimento, declarados no Relatório de Referência do setor industrial da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020a, 2020b). As frações dos anos 2017, 2018 e 2019 foram estimadas com a projeção linear dos anos anteriores (2005-2016).

Tabela 02. Dados de entrada no cálculo das emissões da produção de cimento.

ano	produção estadual de cimento (ton) ^a	relação clínquer / cimento (ton) ^b	consumo de clínquer (ton)
2005	4.018.000,00	0,68	2.732.240,00
2006	3.923.000,00	0,679	2.663.717,00
2007	4.548.000,00	0,682	3.101.736,00
2008	5.313.000,00	0,664	3.527.832,00
2009	5.332.000,00	0,671	3.577.772,00
2010	5.685.000,00	0,644	3.661.140,00
2011	5.746.000,00	0,636	3.654.456,00
2012	5.589.000,00	0,644	3.599.316,00
2013	6.143.000,00	0,668	4.103.524,00
2014	6.174.781,00	0,662	4.087.705,02
2015	6.008.960,00	0,658	3.953.895,68
2016	6.292.952,00	0,672	4.228.863,74
2017	5.836.992,00	0,6526 ^c	3.809.220,98
2018	5.993.763,00	0,6509 ^c	3.901.340,34
2019	6.151.551,00	0,6492 ^c	3.993.586,91

^a Fonte: Relatórios Anuais Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, (SNIC, 2005-2019);

^b Fonte: Tabela 1-1 do Relatório de Referência do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a);

^c Valores estimados a partir de projeção linear com base nos anos anteriores.

Durante os anos inventariados, a produção de cimento no estado do Paraná ocorreu em 3 municípios: Adrianópolis, Balsa Nova e Rio Branco. O consumo municipal de clínquer foi estimado com base na participação municipal na produção estadual de cada ano. As proporções anuais estão apresentadas na **Tabela 03**. As informações de produção anual municipal estavam disponíveis entre os anos de 2005 à 2012 nos relatórios do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2013), onde na época haviam apenas duas empresas produtoras de cimento. Desta forma a produção municipal entre os anos de 2005 e 2012 foram proporcionais a participação de cada empresa. Uma vez que o SNIC não apresentou as produções de suas cooperadas entre os anos de 2013/2019 e com o surgimento da planta produtiva em Adrianópolis em 2013, foram calculadas proporções do ano de 2012, e estas foram mantidas para os anos subsequentes até 2019.

Tabela 03. Dados das proporções municipais na produção de cimento.

ano	Adrianópolis	Balsa Nova	Rio Branco
2005	0,00%	20,63% ^a	79,37% ^a
2006	0,00%	21,36% ^a	78,64% ^a
2007	0,00%	20,62% ^a	79,38% ^a
2008	0,00%	23,36% ^a	76,64% ^a
2009	0,00%	23,99% ^a	76,01% ^a
2010	0,00%	25,19% ^a	74,81% ^a
2011	0,00%	27,69% ^a	72,31% ^a
2012	0,00%	30,02% ^a	69,98% ^a
2013	12,29%	33,88%	53,84%
2014	12,29%	33,88%	53,84%
2015	12,29%	33,88%	53,84%
2016	12,29%	33,88%	53,84%
2017	12,29%	33,88%	53,84%
2018	12,29%	33,88%	53,84%
2019	12,29%	33,88%	53,84%

^a Fonte: Relatórios Anuais Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2005-2019).

Em relação aos dados de produção de cal, foram obtidos os valores anuais de produção nacional nos Anuários Estatísticos do Setor de Transformação de Não Metálicos do Ministério de Minas e Energia (MME, 2005, 2006, 2012, 2013, 2017, 2020). A distinção entre a proporção nacional de cal virgem e cal hidratada foi obtido no Relatório de Referência do setor industrial da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a). Para estimar a produção estadual foi aplicado a distribuição da proporção da produção estadual de cal em relação às produções nacionais citados em Nota Metodológica (SEEG, 2021), referente ao setor industrial, que traz os valores de proporção estadual fornecidos pela Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC). Desta forma foi considerado como produção estadual para todo o período uma participação de 9% e 14% na produção nacional de cal virgem e cal hidratada respectivamente. A **Tabela 04** apresenta os valores anuais de produção estadual estimados para o período. A pesagem total para a produção de cal estadual compreendem o somatório da cal hidratada (considerando seu peso seco) e cal virgem. Para desconsiderar a parcela de água na cal hidratada, foi subtraído o equivalente a um fator de umidade de 78,7% da cal hidratada.

A proporção municipal da produção estadual de cal foi obtida a partir da capacidade instalada declarada nas licenças operacionais das empresas vigentes no estado no período em que as licenças estiveram abertas para consulta no ano de 2022 no Sistema de Gestão Ambiental do Instituto Água e Terra. Para quantificar as licenças que tem como produto elaborado cal virgem ou cal hidratada foram aplicados os seguintes filtros:

Grupo	Industrial	
Atividade	Beneficiamento de minerais não metálicos	
Atividade específica	Produção de cal e calcário	
Situação	Deferido	
modalidade	LO	RLO
Resultado total de licenças	11	104
Resultado aplicável ao inventário	1	53

Tabela 04. Dados das proporções anuais na produção de cal estadual em relação a nacional.

ano	Brasil cal virgem (ton) ^a	Brasil cal hidratada (ton) ^a	Paraná total (ton) ^b
2005	5.102.000,00	1.885.000,00	666.869,30
2006	5.152.000,00	1.981.000,00	681.946,58
2007	5.390.000,00	1.889.000,00	693.230,02
2008	5.409.000,00	2.016.000,00	708.932,88
2009	4.577.000,00	2.068.000,00	639.782,24
2010	5.672.000,00	2.089.000,00	740.646,02
2011	6.206.000,00	2.034.000,00	782.646,12
2012	6.308.000,00	2.005.000,00	788.630,90
2013	6.403.000,00	2.016.000,00	798.392,88
2014	6.185.000,00	1.967.000,00	773.374,06
2015	6.297.000,00	2.003.000,00	787.420,54
2016	6.297.000,00	2.003.000,00	787.420,54
2017	6.297.000,00	2.003.000,00	787.420,54
2018	6.297.000,00	2.003.000,00	787.420,54
2019	6.297.000,00	2.103.000,00	798.438,54

^a Fonte: Relatórios Anuais Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2005-2019;

^b Valores totais em toneladas considerando a massa de cal hidratada seca e cal virgem.

Desta forma foram determinadas as seguintes proporções de produção dentre os municípios do estado, apresentado na **Tabela 5**.

Tabela 5. Dados das proporções municipais na produção estadual de cal.

município	proporção da produção estadual ^a
Almirante Tamandaré	27,82%
Colombo	45,30%
Ponta Grossa	1,81%
Itaperuçu	8,42%
Rio Branco do Sul	14,64%
Sengés	1,55%
Campo Largo	0,45%

^a Fonte: Relações municipais de acordo com a capacidade instalada municipal declarada em licenças ambientais vigentes para o período.

2.2.2. Indústria Química

Quanto à indústria química, foram disponibilizados os valores de produções estaduais pela Araucária Nitrogenados S.A. (ANSA) entre os anos de 2005 e 2019. Para converter a unidade dos valores de metanol de m³ para tonelada foi considerada uma densidade de 792 kg/m³ (EPE, 2020). A **Tabela 6** apresenta as produções de amônia e metanol.

Tabela 6. Dados das proporções anuais na produção de cal estadual em relação a nacional.

ano	Produção de amônia (t)	Produção de metanol (m ³)	ano	Produção de amônia (t)	Produção de metanol (m ³)
2005	429.718,05	3.639,94	2013	330.729,75	3.772,02
2006	446.050,25	6.648,47	2014	214.669,11	2.719,55
2007	384.380,03	5.515,32	2015	399.341,55	3.703,06
2008	306.042,33	4.696,84	2016	253.240,68	3.670,92
2009	337.328,99	3.159,13	2017	137.912,18	2.826,45
2010	332.547,31	3.121,24	2018	134.479,94	3.986,01
2011	408.322,43	3.576,40	2019	280.297,92	5.487,41
2012	332.547,31	3.797,69			

Fonte: ANSA, 2022.

2.2.3. Indústria Siderúrgica

Para a indústria metalúrgica que abrange a produção de aço no estado do Paraná, foram considerados os dados referentes à produção nacional de aço, a capacidade instalada nacional da Gerdau e a capacidade instalada da planta Guaíra, localizada no município de Araucária. A **Tabela 7** a seguir resume essas informações anualmente.

A partir dos valores de produção obtidos no Anexo A da Nota Metodológica do Setor Industrial (SEEG, 2021), a obtenção das emissões nacionais da produção do aço do Relatório de Referência do setor industrial da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a) (Tabela 3-7), foi possível aferir fatores de emissão anuais nacionais da produção de aço. Para estimar a produção estadual anual da Gerdau no Paraná obteve-se a produção nacional anual da Gerdau dos anuários estatísticos do Ministério de Minas e Energia para os anos entre 2005-2019. Desta forma, multiplicou-se pela proporção da capacidade instalada no Paraná em relação à capacidade instalada nacionalmente da Gerdau, sendo essas informações de capacidade instalada obtidas no documento intitulado “Perspectivas do Investimento 2010-2013” (TORRES Ernani; PUGA, Fernando; MEIRELLES Beatriz, 2013). A determinação da capacidade instalada da Gerdau no Brasil considerou todas as unidades nacionais e foi mantido um valor constante de 9.445.000 toneladas de aço por ano. A capacidade instalada no estado do Paraná foi considerada constante para todo o período no valor de 400.000 toneladas/ano, incluindo somente a planta Guaíra, com operações até o ano de 2014.

Tabela 07. Dados nacionais da produção e emissão da produção de aço.

ano	Emissão nacional produção aço ^a (Gg CO ₂)	Produção nacional ^b (ton)	Produção nacional da Gerdau ^c (ton)	Produção estadual estimada da Gerdau (ton)
2005	35.973,00	31.610.000,00	7.569.000,00	320.550,56
2006	34.379,00	30.901.000,00	7.698.000,00	326.013,76
2007	47.055,00	33.782.000,00	8.111.000,00	343.504,50
2008	43.736,00	33.716.000,00	8.711.000,00	368.914,77
2009	35.495,00	26.506.000,00	6.105.000,00	258.549,50
2010	40.930,00	32.948.000,00	8.177.000,00	346.299,63
2011	44.508,00	35.220.000,00	8.777.000,00	371.709,90
2012	44.252,00	34.524.000,00	8.181.000,00	346.469,03
2013	43.079,00	34.163.000,00	8.063.000,00	341.471,68
2014	41.271,00	33.897.000,00	7.458.000,00	315.849,66

^a Fonte: Relatório de Referência do setor industrial da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a), tabela 3.7;

^b Fonte: Anexo A Nota Metodológica Setor Industrial (SEEG, 2021);

^c Fonte: Anuários Estatísticos Ministério de Minas e Energia (MME, 2005/2020).

2.2.4. Outras Indústrias

Setor 2.F e 2.G foi utilizado os dados de população nacional anual e população municipal anual estimados a partir de trabalhos desenvolvido pelo IBGE disponíveis no link <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados> (IBGE, 2022). Desta forma a emissão nacional anual foi dividida pela população nacional do ano, obtendo assim a emissão per capita destes subsetores. As emissões municipais foram estimadas com base na multiplicação da emissão per capita pela população municipal.

2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros

Para definir os fatores de emissão do setor industrial foram seguidas algumas metodologias. A **Tabela 08** a seguir resume os fatores de emissão aplicados e as respectivas unidades de conversão que estão apresentadas de acordo com cada atividade industrial. Na **Tabela 09** estão apresentados os resultados para os fatores de emissão anual da produção de aço, que foram calculados a partir da relação entre as emissões nacionais anuais provenientes do Relatório de Referência do setor industrial da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a) e a produção nacional anual de aço bruto por empresa produtora para os anos entre 2005/2014, com dados obtidos nos relatórios anuais do Instituto Aço Brasil.

Tabela 08. Fatores de emissão de acordo com os subsetores industriais.

Ano	Fator de Emissão	Unidade	Fonte
produção de cimento	0,570 ^a	ton CO ₂ /ton Clínquer	Sindicato Nacional de Indústrias de Cimento
produção de cal	0,857 ^b	ton CO ₂ /ton cal	Tabela 1-6 Relatório de Referência setor industrial MCTI
produção de amônia	1,460	ton CO ₂ /ton amônia	Página 68, Relatório de Referência setor industrial MCTI
produção de metanol	0,267	ton CO ₂ /ton metanol	Página 78, Relatório de Referência setor industrial MCTI

^a Para os anos de 2017, 2018 e 2019 foram obtidos valores a partir da tendência linear dos resultados anteriores.
Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020);

^b Este fator de emissão foi selecionado considerando que a produção estadual de cal provém da extração de rocha calcária dolomítica.

Os valores de emissão coletados no Relatório de Referência do setor industrial da Quarta Comunicação Nacional (MCTI, 2020a) foram aqueles que incluíam a emissão total com as coqueirais, optando por uma perspectiva mais conservadora nas emissões do setor. Desta forma, podemos dizer que as emissões para produção de energia deste subsetor não foram alocadas no setor de energia.

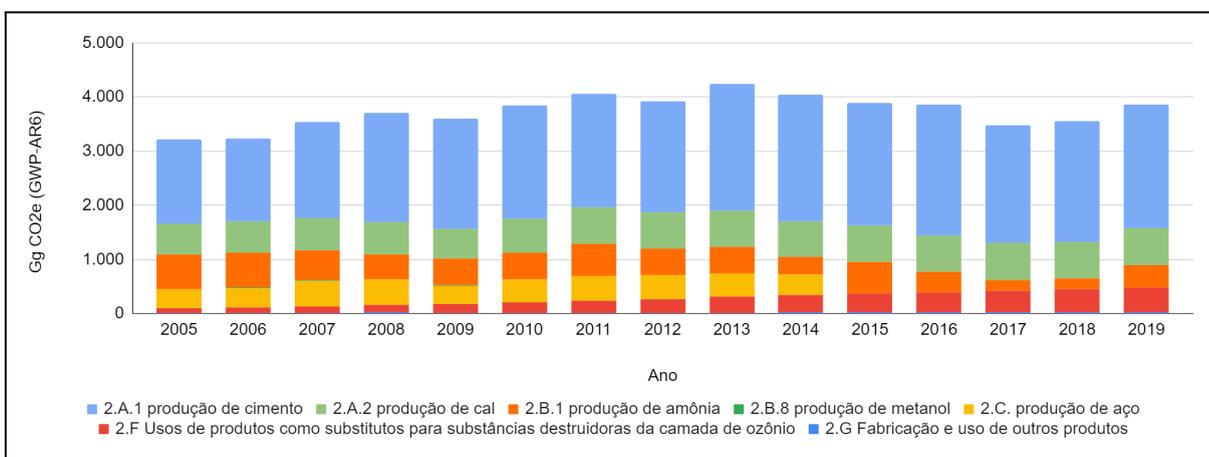
Tabela 9. Fatores de emissão anual da produção de aço (ton CO₂/ton aço).

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EF	1,14	1,11	1,39	1,30	1,34	1,24	1,26	1,28	1,26	1,22

3. Resultados

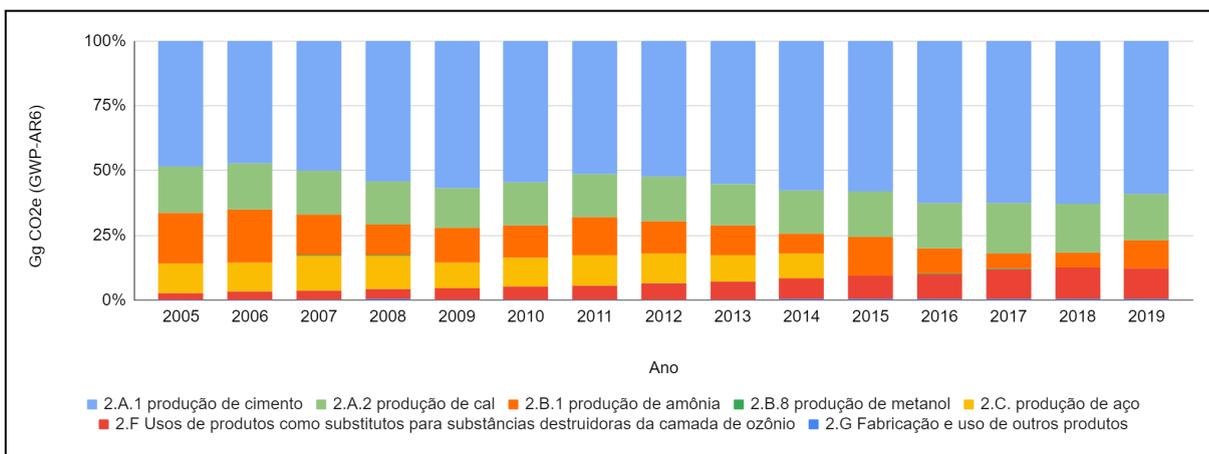
Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos totalizaram 3.781 Gg CO₂e, com um acréscimo de cerca de 21% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de redução de cerca de 3% entre 2012 a 2019. A variação do primeiro período está relacionado com o aumento da produção de cimento e cal, e a segunda variação está diretamente relacionada com o fechamento da planta que produzia aço no estado. Em termos de emissão dos subsetores industriais, no **Gráfico 01** é possível observar as variações anuais de cada subsetor. O **Gráfico 02** apresenta a participação proporcional de cada subsetor nas emissões industriais totais.

Gráfico 01. Resultados das Emissões Estaduais dos subsetores industriais.



Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Gráfico 02. Resultados das Proporções das Emissões por Subsetor Industrial.



Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

A maior parte das emissões do setor industrial são provenientes da produção de cimento, seguido da produção de cal e amônia.

A **Tabela 10** resume as emissões ao longo do período apresentando os dados por subsetores industriais.

Tabela 10. Resultados das Emissões Estaduais (Gg CO₂) do subsetor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos.

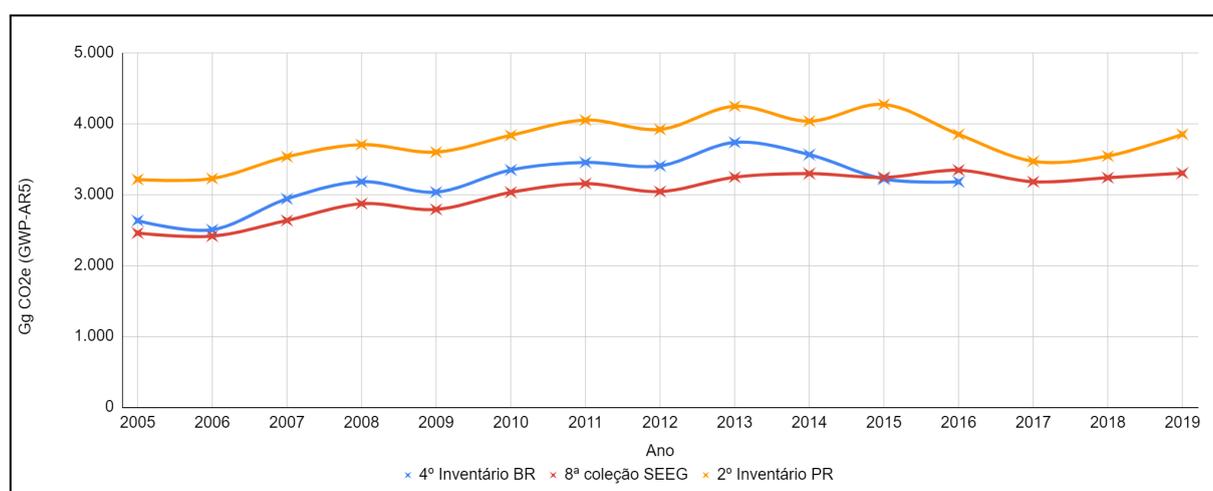
ano	2.A.1	2.A.2	2.B.1	2.B.8	2.C	2.F	2.G	Total PR
2005	1.557	572	627	1	365	69	10	3.201
2006	1.518	584	651	1	363	84	11	3.213
2007	1.768	594	561	1	478	102	11	3.516
2008	2.011	608	447	1	479	124	15	3.683
2009	2.039	548	493	1	346	136	13	3.576
2010	2.087	635	486	1	430	158	13	3.809
2011	2.083	671	596	1	470	185	13	4.019
2012	2.052	676	486	1	444	211	14	3.883
2013	2.339	684	483	1	431	249	15	4.202
2014	2.330	663	313	1	385	279	15	3.986
2015	2.254	675	583	1	0	303	16	3.831
2016	2.410	675	370	1	0	321	16	3.793
2017	2.171	675	201	1	0	344	17	3.409
2018	2.224	675	196	1	0	367	17	3.480
2019	2.276	684	409	1	0	392	18	3.781

Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.1. Comparação com outras estimativas

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do setor industrial da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020a, 2020b) e com os valores apresentados na Nota Metodológica do Setor Industrial do Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021). O **Gráfico 03** apresenta a comparação gráfica entre os resultados estimados das emissões de Gg CO₂.

Gráfico 03. Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná (2INVPR).



Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

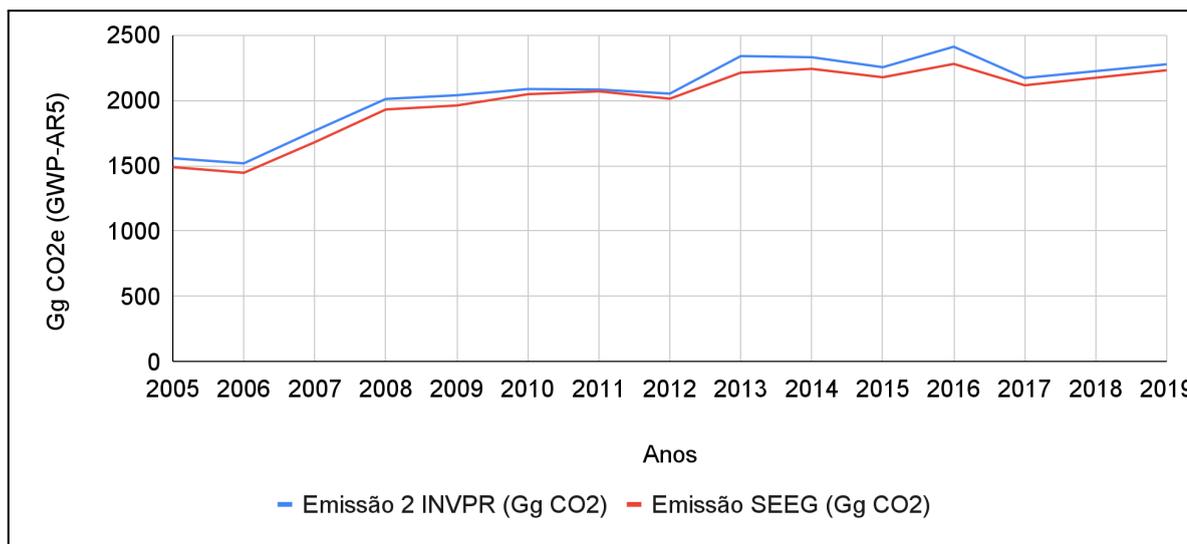
Lembrando que essa comparação apresenta os dados do Inventário Nacional do SEEG e do 2INVPR em CO₂eq. (Dióxido de Carbono equivalente) a partir da conversão de todos os gases em CO₂ com os parâmetros definidos no SAR (Second Assessment Tool, 1995) do IPCC, incluindo o CH₄, os HFCs e o SF₆.

Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas. Entre os anos de 2005/2013 as estimativas do 2INVPR se mantiveram alinhadas com os resultados apresentados na 4ª Comunicação Industrial, e nos três últimos anos inventariados os valores se aproximam das estimativas do SEEG. A tendência de aumento e redução das emissões ao longo do período analisado apresenta as mesmas características nas três estimativas na maioria dos anos, o que sugere que os fatores de emissões aplicados nos cálculos são os mesmos.

Considerando que não foi possível acessar as emissões por subsetores a nível estadual no relatório de referência MCTI, as comparações por subsetor foram apresentadas somente entre os resultados da produção de cimento e cal para os valores estimados de emissão do SEEG e do 2º INVPR. O **Gráfico 04** apresenta os resultados estaduais das emissões a partir da produção de cimento. Observa-se que as

estimativas dos dois documentos estão próximas, mantendo as tendências anuais de aumento e redução nas emissões estaduais. O **Gráfico 05** apresenta a comparação das emissões da produção de cal entre os dois documentos. Observa-se que os resultados do 2INVPR estão superestimados quando comparados com os resultados do SEEG, entretanto as tendências anuais se mantiveram as mesmas.

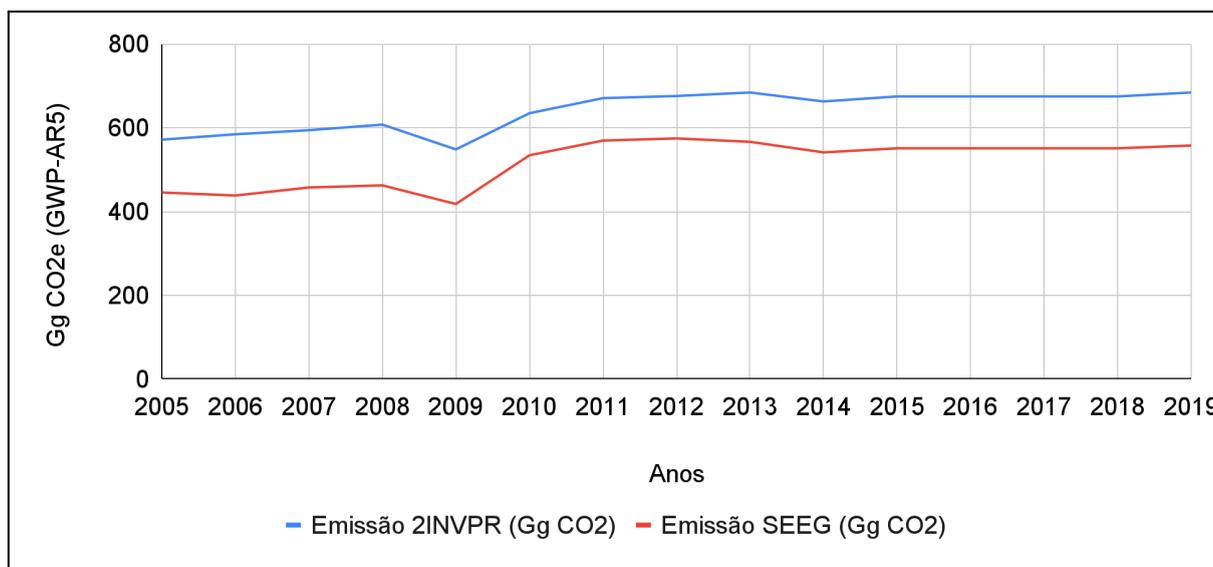
Gráfico 04 Comparação entre estimativas das emissões da produção de cimento do SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná (2º INVPR).



Fonte:

Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Gráfico 05. Comparação entre estimativas das emissões da produção de cal do SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná (2INVPR).



Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **2 Processos industriais** utilizando o “Potencial de Aquecimento Global” (PAG), ou do inglês “Global Warming Potential” (GWP). Este índice compara a força radiativa de uma unidade de gás de efeito estufa ao longo de um período de 100 anos à de uma unidade de dióxido de carbono (CO₂). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO₂ equivalente (CO₂eq). As conversões das emissões dos gases aplicadas têm sido atualizadas ao longo dos anos de acordo com as variações das concentrações dos gases na atmosfera, as modificações publicadas pelo IPCC desde o primeiro assessment report estão apresentadas na **Tabela 11**. Os fatores de conversão aplicados são provenientes do IPCC *Second Assessment Report* (SAR) e foram utilizados a fim de comparar os resultados das emissões estimadas no segundo inventário com outras estimativas.

Tabela 11. Potenciais de Aquecimento Global (GWP) para diferentes gases ao longo do tempo

Substância	SAR ^a (1990)	FAR ^a (1995)	TAR ^a (2001)	AR4 ^a (2007)	AR5 ^a (2014)	AR6 ^b (2021)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	1	1	1	1	1
Metano, fóssil (CH ₄)	21	21	23	25	28	29,8 ^d 27,2 ^e
Óxido nitroso (N ₂ O)	290	310	296	298	265	273
Tetrafluoretano ^c (HFC-134a)	1.200	1.300	1.300	1.430	1.300	1.530
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	-	23.900	22.200	22.800	23.500	24.300

^a Fonte: PONSIOEN, T. 2014;

^b Fonte: SMITH, C. et al. 2021;

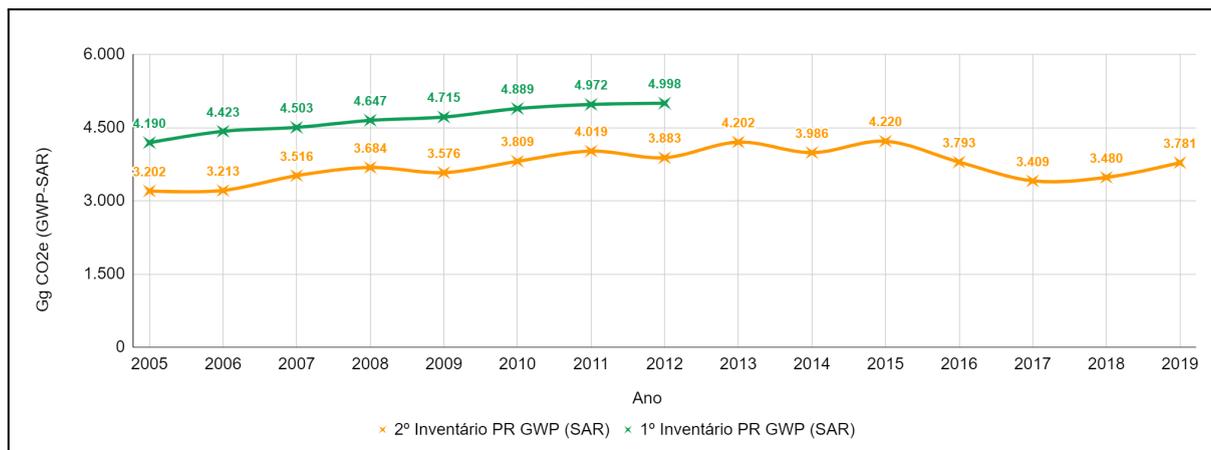
^c hidrofluorcarboneto mais significativo nas emissões nacionais do setor industrial dentre os gases fluorados (89%);

^d metano de origem fóssil;

^e metano de origem não fóssil.

O **Gráfico 06** apresenta um comparativo entre os resultados estimados no Primeiro e no Segundo Inventário Estadual. Sendo possível observar que os resultados do primeiro inventário superestimam os resultados do segundo inventário.

Gráfico 06. Comparação entre estimativas do 1º Inventário Estadual e do 2º Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do setor 2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Não foi possível realizar um comparativo entre os fatores de emissão considerados para a estimativa do dióxido de carbono (CO₂) entre o Primeiro Inventário Estadual e o Segundo Inventário Estadual do Paraná, pois o primeiro documento não apresentou claramente os valores utilizados, ainda que esteja claro que as duas metodologias seguiram as diretrizes do IPCC para cálculo de emissão de CO₂ para os subsetores industriais.

4. Referências

ANSA, 2022. Araucária Nitrogenados S.A.. Tabelas de Produção Anual de Amônia e Metanol. Contato via e-mail.

EPE, 2020. Empresa de Pesquisa Energética: Balanço Energético Nacional (BEN) 2020: Ano base 2019, 2018. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br>. Acesso em: 14 nov., 2020.

IBGE, 2022. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Estimativas da População. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 26 out. 2022.

IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial Processes and Product Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, 112 Tanabe K, editors, Japan: IGES; 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>. Acesso em: 9 fev. 2022.

MCTI, 2020a. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos. Brasília: MCTI. 150 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 16 fev. 2023.

MCTI, 2020b. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Processos Industriais e Uso De Produtos Subsetor Gases Substitutos Para as Substâncias Destruidoras Da Camada De Ozônio (ODS). Brasília: MCTI. 150 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 16 fev. 2023.

MME, 2005. Ministério De Minas e Energia.. Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico, ano base 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-2005-base-2004.pdf/view>. Acesso em: 26 out. 2022.

MME, 2006. Ministério De Minas e Energia. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2020, ano base 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatistico-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos-2006-base-2005.pdf/view>. Acesso em: 26 out. 2022.

MME, 2012. Ministério De Minas e Energia.. Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico, ano base 2011. Disponível em:

https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacao-s-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario_setor_metalurgico_2012_base_2011.pdf/view. Acesso em: 26 out. 2022.

MME, 2013. Ministério De Minas e Energia. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2020, ano base 2012. Disponível em:

https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacao-s-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario_setor_transformacao_nao_metalicos_2013_base_2012_parte_3.pdf/view. Acesso em: 26 out. 2022.

MME, 2017. Ministério De Minas e Energia. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2020, ano base 2016. Disponível em:

<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacao-s-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatistico-do-setor-de-nao-metalicos-2017-base-2016-1.pdf/view>. Acesso em: 26 out. 2022.

MME, 2020. Ministério De Minas e Energia.. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2020, ano base 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacao-s-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-2020-ano-base-2019.pdf/view>. Acesso em: 26 out. 2022.

PONSIOEN, T. 2014. Updated carbon footprint calculation factors. Disponível em:

<https://pre-sustainability.com/articles/updated-carbon-footprint-calculation-factors/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SEMA, 2014. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná. 2014. Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/11/resumoexecutivo_gee_0512pr.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

SEEG, 2021. Nota Metodológica Processos Industriais e Uso de Produtos do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (versão 8). Disponível em:

<http://seeg.eco.br/notas-metodologicas>. Acesso em: 26 out. 2022.

SMITH, C. et al. 2021. The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. Climate change. Disponível em:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

SNIC, 2005. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2005.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2006. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2006.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2007. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2007.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2008. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2008.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2009. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2009.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2010. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2010.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2011. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2011.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2012. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2012.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2013. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2013.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2019. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

SNIC, 2020. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

TORRES Ermani; PUGA, Fernando; MEIRELLES Beatriz, 2013. Perspectivas do Investimento: 2010-2013, BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1261/1/Perspectivas_do_Investimento_2010-13_completo.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.