



COMUNICAÇÃO NACIONAL DO
BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO
DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE
MUDANÇA DO CLIMA

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PROJETO BRA/16/G31

**QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL E RELATÓRIOS DE ATUALIZAÇÃO
BIENAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS
SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**

**QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIO DE REFERÊNCIA

**SETOR ENERGIA
SUBSETOR EMISSÕES FUGITIVAS
MINERAÇÃO E MANEJO DO CARVÃO MINERAL**

Versão de agosto de 2020

QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

SETOR ENERGIA

SUBSETOR EMISSÕES FUGITIVAS

CATEGORIA MINERAÇÃO E MANEJO DO CARVÃO MINERAL

Coordenadora Técnica da Quarta Comunicação Nacional
Danielly Godiva Santana Molleta (PNUD/MCTI)

Supervisor do Quarto Inventário Nacional
Mauro Meirelles de Oliveira Santos (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Setor Energia do Quarto Inventário Nacional
Renata P. S. Grisoli (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Quarto Inventário Nacional
Mayra Braga Rocha (PNUD/MCTI)

Coordenador Técnico-Científico do Quarto Inventário Nacional pela Rede Clima
Eduardo Delgado Assad (Embrapa)

Coordenadores Técnico-Científicos do Setor Energia pela Rede Clima
Emilio Lèbre La Rovere (UFRJ)
Carolina Burle Schmidt Dubeux (UFRJ)

Autora
Renata P. S. Grisoli (PNUD/MCTI)

Colaboradores
Fernando Luiz Zancan (SATC)
Luciane Garavaglia (SATC)
Marcio Zanuz (SATC)
Marina Marques Dalla Costa (ANM)

Instituições colaboradoras
ABCM - Associação Brasileira do Carvão Mineral
ANM - Agência Nacional de Mineração
SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina

Aviso

Este documento compreende atualizações das estimativas de emissões com base na aplicação das diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC no acrônimo em inglês) que servirão de subsídios para elaboração futura do capítulo do “Inventário Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal”, parte integrante da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima. Neste trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 1990 a 2016.

Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações 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 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e outros órgãos governamentais se eximem da responsabilidade de implementar quaisquer dos resultados, interpretações, recomendações, estimativas ou conclusões contidas neste estudo.

Sumário

Sumário Executivo	8
1 Introdução	10
2 Metodologia	12
2.1 <i>Dados de atividade</i>	14
2.1.1 Considerações sobre emissões de CO ₂ na mineração e manejo do carvão mineral no Quarto Inventário	17
2.1.2 Considerações sobre emissões em minas subterrâneas abandonadas	18
2.2 <i>Fatores de emissão e outros parâmetros</i>	19
2.2.1 Minas subterrâneas	19
2.2.2 Minas de superfície	20
3 Resultados	22
4 Diferenças em relação ao Terceiro Inventário	25
5 Referências Bibliográficas	27
APÊNDICE A - Detalhamento metodológico	28
APÊNDICE B - Resultados	40

Lista de Figuras

Figura 1. Emissões totais de CH ₄ da mineração e manejo do carvão	8
Figura 2. Produção de carvão ROM (em toneladas), por estado, série de 1990 – 2016.....	15
Figura 3. Participação da produção de carvão mineral nacional conforme camada de origem	16
Figura 4. Comparação dos dados de atividades do Quarto Inventário e Anuários Minerais Brasileiros	16
Figura 5. Emissões fugitivas da mineração por camada de origem do carvão (1990 – 2016)	22
Figura 6. Emissões fugitivas de minas subterrâneas (1990 – 2016)	22
Figura 7. Emissões fugitivas de minas de superfície (1990 – 2016).....	23
Figura 8. Emissões fugitivas da mineração por unidades federativas	23
Figura 9. Comparação dos resultados de emissões de CH ₄ entre o Terceiro e o Quarto Inventário.....	25
Figura 10. Comparação dos dados de atividade entre os inventários (produção de carvão ROM).....	25
Figura 11. Comparação dos resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário desagregados nas principais atividades.....	26

Lista de Tabelas

Tabela 1. Emissões de CH ₄ por categorias, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010	9
Tabela 2. Fontes de emissões e métodos aplicados por subcategorias.....	14
Tabela 3. Resumo dos fatores de emissão para emissões fugitivas de CH ₄ em minas ativas subterrâneas e de superfície.....	21
Tabela 4. Resultados de emissão de CH ₄ em Gg.....	40

Siglas

ABCM - Associação Brasileira do Carvão Mineral

ANM - Agência Nacional de Mineração

CA - minas de superfície (céu aberto)

CH₄ - gás metano

CO₂ - dióxido de carbono

D - *default* (valor-padrão)

GEE - gases de efeito estufa

Gg - gigagramas

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

IPPU - *Industrial Processes and Product Use* (Processos Industriais e Uso de Produtos)

m - metro

m³ - metro cúbico

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

N₂O - óxido nitroso

NA - não aplicável

NE - não estimado

NO - não ocorre

PR - Paraná

RAL - Relatórios Anuais de Lavra

ROM - *run-of-mine* (carvão bruto)

RS - Rio Grande do Sul

S - minas subterrâneas

SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina

SC - Santa Catarina

SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina

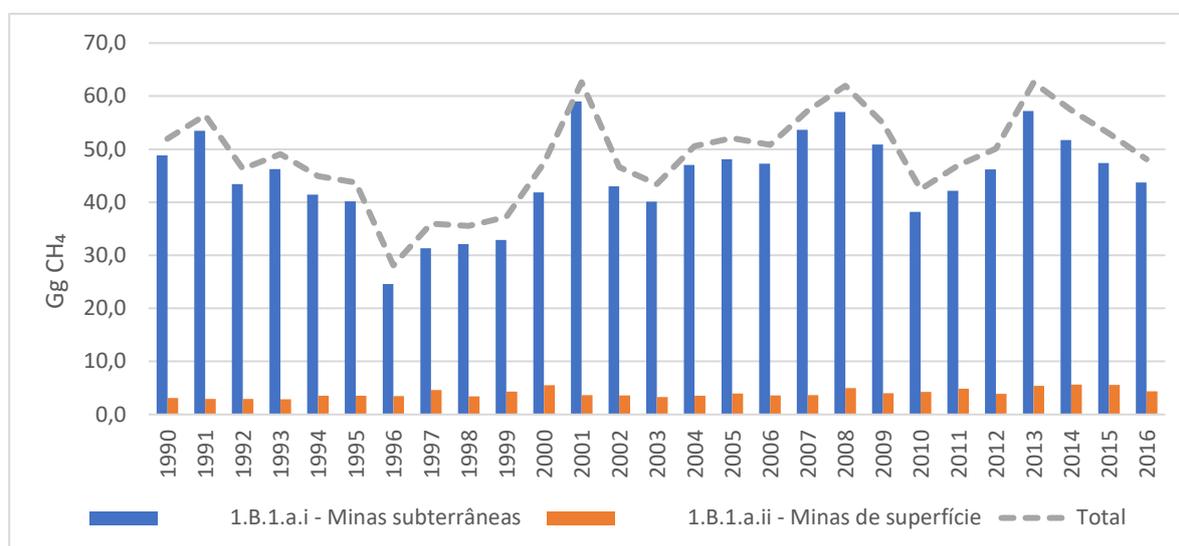
t - tonelada

Sumário Executivo

Neste relatório, são apresentadas as estimativas das emissões antrópicas por fontes associadas ao subsetor Emissões Fugitivas a partir da produção de combustíveis, para o período de 1990 a 2016, na categoria mineração e manejo do carvão mineral. Ressalta-se também que no presente documento o termo “carvão” é utilizado apenas para o carvão reconhecido como “carvão mineral”. As emissões referentes ao uso do carvão vegetal no Brasil são consideradas em outros Relatórios de Referências como: Energia (Abordagem Setorial e de Referência) e Processos Industriais.

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos para a categoria mineração e manejo do carvão mineral de metano (CH_4), desagregado por camada de origem do carvão. Não há emissões de CO_2 para a série histórica considerada.

Figura 1. Emissões totais de CH_4 da mineração e manejo do carvão



Com relação à origem do carvão, observa-se que historicamente há uma ligeira predominância entre a produção em minas subterrâneas com relação às minas de superfície (conhecidas também como minas a céu aberto), todavia observa-se que as emissões de CH_4 de minas subterrâneas são muito mais representativas do que minas de superfície, dado seu fator de emissão. Além disso, os resultados de emissão estão diretamente relacionados com os dados de produção de carvão bruto (*run-of-mine* - ROM).

A produção de carvão relaciona-se principalmente com a disponibilidade de carvão para geração de energia em termelétricas. Para a série histórica observa-se que os picos observados estão atrelados principalmente à redução da disponibilidade de energia hídrica ou à redução da atividade econômica no país.

A Tabela 1 apresenta os resultados para as categorias em determinados anos. É possível observar que de 2005 a 2016 houve uma redução de 7,6% das emissões para a categoria, enquanto que de

2010 a 2016 houve um aumento de 13,3%. Observa-se também que não há ocorrência (NO) nacional de emissões para as categorias 1.B.1.a.i.4 e 1.B.1.b., e não foram estimadas as emissões da categoria 1.B.1.a.i.3, devido à falta de dados.

Tabela 1. Emissões de CH₄ por categorias, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010

1.B. Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis	1990	1995	2000	2005	2010	2016	Variação 2005 - 2016 (%)	Variação 2010 - 2016 (%)
1.B.1. Combustíveis Sólidos								
1.B.1.a. Mineração e manejo do carvão	51,9	43,7	47,4	52,1	42,5	48,1	-7,6%	13,3%
1.B.1.a. Minas subterrâneas	48,8	40,2	41,9	48,1	38,2	43,7	-9,1%	14,5%
1.B.1.a.i.1. Mineração	44,8	36,9	38,4	44,1	35,0	40,1	-9,1%	14,5%
1.B.1.a.i.2. Emissões pós-mineração	4,0	3,3	3,5	4,0	3,2	3,6	-9,1%	14,5%
1.B.1.a.i.3. Minas subterrâneas abandonadas	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
1.B.1.a.i.4. Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
1.B.1.a.ii. Minas de superfície	3,1	3,5	5,5	4,0	4,3	4,4	11,3%	2,8%
1.B.1.a.ii.1. Mineração	2,9	3,2	5,1	3,6	3,9	4,1	11,3%	2,8%
1.B.1.a.ii.2. Emissões pós-mineração	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	11,3%	2,8%
1.B.1.b. Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão	NO	NO	NO	NO	NO	NO		

1 Introdução

O carvão mineral é um minério extraído por meio do processo de mineração e tem como principais utilizações a geração de energia e aplicação no setor industrial. O carvão energético é também chamado de carvão vapor; e o carvão metalúrgico, de aplicação industrial para redução em indústrias siderúrgicas, não é mais produzido nacionalmente desde 2010, sendo toda a demanda atendida pelo carvão importado.

O carvão brasileiro é produzido comercialmente apenas nos estados da região Sul. O Rio Grande do Sul é o estado que possui as maiores reservas geológicas, seguido por Santa Catarina e pelo Paraná. Os carvões brasileiros são similares, em termos da idade geológica, aos sul-africanos, australianos e indianos, sendo distintos dos carvões da Europa e dos Estados Unidos.

A participação do carvão e seus subprodutos na oferta de energia primária no Brasil passou de 6,8% em 1990 para 6,4% em 2005, diminuiu para 5,4% em 2010 e 4,2% em 2016 (EPE, 2019). A participação do carvão na oferta de energia primária é maior do que a produção, devido à importação por diversos setores.

A combustão do carvão mineral para geração de energia e aplicação na indústria promove a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Todavia, essas emissões são contabilizadas em outros setores do Inventário Nacional, como setor Energia (Abordagem Setorial e de Referência) e setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), respectivamente. Este presente relatório trata das emissões fugitivas do processo de obtenção do carvão mineral. São consideradas emissões fugitivas aquelas emissões intencionais ou não intencionais de GEE, que podem ocorrer durante a extração, processamento e entrega de combustíveis fósseis ao ponto de uso final.

Considerando a mineração e manejo do carvão, destaca-se que os processos geológicos de formação de carvão produzem metano (CH₄), e pode haver também dióxido de carbono (CO₂) em algumas jazidas de carvão. Esses gases presentes nas rachaduras ficam retidos nas jazidas até que o carvão seja exposto durante a mineração. O CH₄ é o gás de efeito estufa mais emitido a partir da mineração e manejo de carvão.

De acordo com o IPCC (2006), as principais fases da emissão de GEE, tanto em minas de superfície como em minas subterrâneas, são:

- **Emissões de mineração** - resultam da liberação de gases armazenados durante a quebra do carvão e de suas camadas adjacentes, durante as operações de mineração.
- **Emissões pós-mineração** - nem todos os gases são emitidos durante a mineração. As emissões, durante o manejo, processamento e transporte de carvão subsequente são chamadas de emissões pós-mineração. Assim, o carvão continua a emitir gases mesmo após a mineração, embora de forma mais lenta em comparação ao estágio de extração.
- **Oxidação a baixa temperatura** - essas emissões ocorrem quando o carvão é exposto ao oxigênio no ar, sendo oxidado e produzindo CO₂. No entanto, a taxa de formação de CO₂ neste

processo é baixa.

- **Combustão não controlada** - algumas vezes, quando o calor produzido pela oxidação a baixa temperatura é retido, a temperatura aumenta e pode resultar em um incêndio ativo. Esse processo é comumente conhecido por combustão não controlada ou espontânea e é a manifestação mais extrema da oxidação. A combustão não controlada é caracterizada por reações rápidas, por vezes com chamas visíveis e rápida formação de CO₂.
- **Minas de carvão abandonadas** - após o fim da exploração de determinadas minas, elas podem continuar a emitir CH₄.

Pela primeira vez, o cálculo desta categoria é realizado considerando as Guias do IPCC 2006. Desse modo, em relação ao Terceiro Inventário, constituinte da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2016), este Quarto Inventário possui algumas diferenças quanto às categorias calculadas, bem como fatores de emissão utilizados, que serão discutidos no decorrer do documento.

2 Metodologia

A metodologia utilizada para obtenção das estimativas apresentadas neste relatório é consistente com a metodologia apresentada nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2006). As equações e fatores de emissão utilizados para os cálculos estão disponíveis no volume 2, capítulo 4.

De acordo com o IPCC 2006, os processos mais relevantes que precisam ser contabilizados como fontes de emissões no inventário nacional são:

- ✓ **Minas subterrâneas**
 - **Minas de Carvão Subterrâneas Ativas**

As categorias *potenciais* de fontes de emissões fugitivas para minas de carvão subterrâneas ativas são:

- Emissões dos gases presentes nas rachaduras liberados na atmosfera por meio de sistemas de ventilação¹ e desgaseificação das minas de carvão²;
- Emissões pós-mineração;
- Oxidação a baixa temperatura;
- Combustão não controlada.

- **Minas Subterrâneas Abandonadas**

Após seu fechamento, minas de carvão que eram emissoras de CH₄ durante suas operações continuam a emitir metano, a menos que haja um alagamento na mina, que interrompa essas emissões. Mesmo que as minas tenham sido fechadas, ainda pode haver emissão de CH₄ como resultado da migração do gás de forma natural ou por dutos artificiais como canais antigos, canos de ventilação, rachaduras e fissuras em estratos sobrepostos. As emissões diminuem rapidamente até atingirem uma taxa quase constante que pode persistir por um longo período.

Alagamentos em minas abandonadas podem ocorrer como consequência de intrusão de águas subterrâneas ou superficiais no interior da mina. Essas minas normalmente continuarão a emitir

¹ *Ventilação*: uso do ar canalizado da superfície, por meio de túneis subterrâneos, para a manutenção de uma atmosfera segura. O ar de ventilação recolhe o CH₄ e o CO₂ lançados das formações de carvão e transporta-os para a superfície, onde são lançados na atmosfera. A concentração de metano no ar de ventilação geralmente é baixa, mas o volume do fluxo de ar de ventilação geralmente é alto, portanto, as emissões de metano desta fonte podem ser relevantes.

² *Sistemas de Desgaseificação*: compreendem vãos perfurados antes, durante e depois da mineração para drenar gases (principalmente CH₄) dos veios de carvão que lançam gases nas minas. Durante a mineração ativa, o maior objetivo da desgaseificação é manter uma atmosfera segura para os trabalhadores mineiros, embora os gases recuperados possam também ser usados como fonte de energia

gases por alguns anos antes de seu alagamento completo, e o alagamento evitará novas liberações de CH₄ na atmosfera. As emissões de minas abandonadas completamente alagadas podem ser consideradas insignificantes. Minas parcialmente inundadas podem continuar emitindo CH₄ por um longo período, e o mesmo se aplica a minas que não alagam.

Outra fonte potencial de emissões ocorre quando parte do carvão de minas abandonadas incendeia por meio do mecanismo de combustão não controlada. No entanto, atualmente não existem metodologias que estimam o potencial de emissões a partir de combustão não controlada em minas subterrâneas abandonadas.

✓ **Minas de carvão de superfície**

○ **Minas de superfície ativas**

As categorias de fontes *potenciais* em minas de superfície consideradas neste capítulo são:

- CH₄ e CO₂ emitidos durante a mineração a partir da mineração do carvão e estratos associados, e outros vazamentos;
- Emissões pós-mineração;
- Oxidação a baixa temperatura;
- Combustão não controlada em locais de disposição.

As emissões de minas de superfície acontecem porque os veios de carvão minerados e os adjacentes podem conter CH₄ e CO₂. Embora a emissão desses gases seja geralmente menor que em veios de carvão mais profundos das minas subterrâneas, essas emissões devem ser consideradas. Além dessas emissões de gases provenientes das rachaduras, os resíduos e rejeitos de carvão em depósitos podem gerar CO₂, seja por oxidação a baixa temperatura ou combustão não controlada.

○ **Minas de superfície abandonadas**

Após o fechamento, minas de superfície abandonadas ou desativadas podem continuar emitindo metano por meio de vazamentos de gás dos veios de carvão que foram quebrados ou deteriorados durante a mineração. Atualmente não existem métodos que estimem emissões desse tipo de fonte.

✓ Resumo das fontes de emissão e métodos utilizados no Quarto Inventário

O uso de abordagens para elaborar as estimativas de emissões em minas de carvão depende da qualidade dos dados disponíveis. De acordo com a disponibilidade de dados nacionais, para a estimativa de emissões das subcategorias, utilizou-se no Quarto Inventário o método *Tier 1* e fatores de emissão-padrão (*default*) do IPCC 2006. A Tabela 2 resume os métodos utilizados para cada subcategoria. Nas minas de carvão não ocorre a liberação de N₂O. Para as emissões de CO₂, de acordo com o IPCC 2006, são esperadas emissões de oxidação a baixa temperatura, além de combustão espontânea, porém em níveis insignificantes que não foram calculados. Não foram registrados no Brasil casos envolvendo a recuperação de gases e conversão térmica em empresas de mineração de carvão, sendo desconsiderada esta categoria para a aplicação da metodologia. As emissões calculadas para as subcategorias correspondem àquelas relacionadas ao CH₄.

Tabela 2. Fontes de emissões e métodos aplicados por subcategorias

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Fator de emissão	Método aplicado	Fator de emissão	Método aplicado	Fator de emissão
1.B. Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis	NA, NO	NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1. Combustíveis Sólidos	NA, NO	NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a. Mineração e manejo do carvão	NA, NO	NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a. Minas subterrâneas	NA, NO	NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a.i.1. Mineração	NA	NA	T1	D	NA	NA
1.B.1.a.i.2. Emissões pós-mineração	NA	NA	T1	D	NA	NA
1.B.1.a.i.3. Minas subterrâneas abandonadas	NA	NA	NE	NE	NA	NA
1.B.1.a.i.4. Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii. Minas de superfície	NA, NO	NA, NO	T1, NO	D, NO	NA	NA
1.B.1.a.ii.1. Mineração	NA	NA	T1	D	NA	NA
1.B.1.a.ii.2. Emissões pós-mineração	NA	NA	T1	D	NA	NA
1.B.1.b. Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão	NO	NO	NO	NO	NA	NA

Legenda: T1— *Tier 1*; D - valor-padrão; NA - não aplicável; NO - não ocorre; NE - não estimado

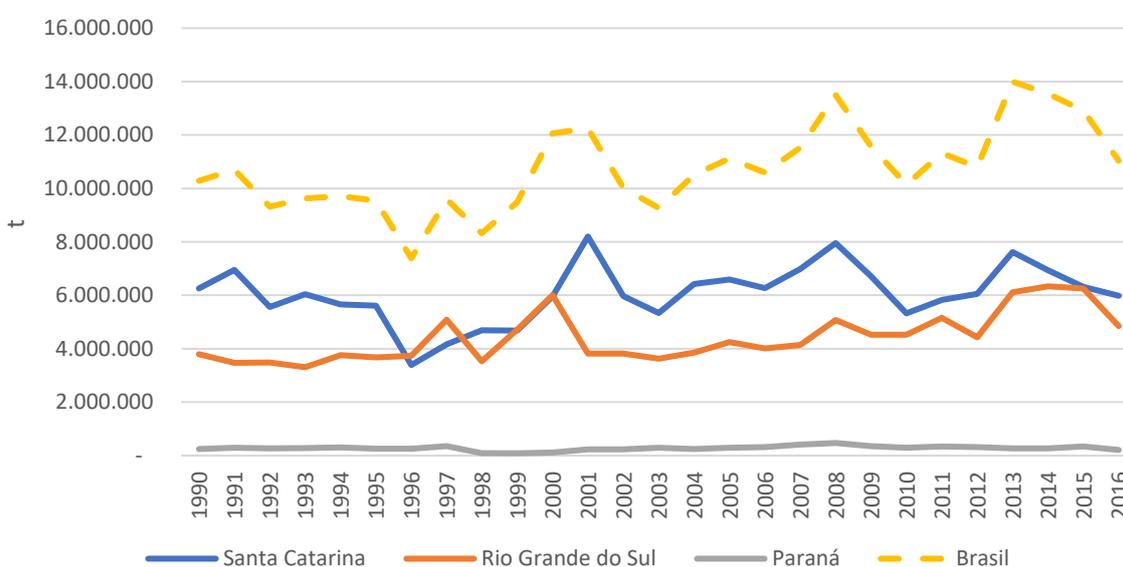
2.1 Dados de atividade

Os dados de atividades utilizados para a elaboração do Quarto Inventário foram obtidos por meio de consulta à Associação Brasileira do Carvão Mineral - ABCM, que em conjunto com o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC) e a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC) forneceram as principais informações para o setor. A ABCM integra toda a cadeia produtiva do carvão nacional, incluindo as empresas carboníferas dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Foram obtidos dados de produção de carvão ROM (*run-of-mine*), que é o minério bruto, obtido diretamente da mina, sem passar por qualquer tipo de beneficiamento, para os anos de 1990 a 2016, separados por unidades produtivas, estado e camada de origem (subterrânea ou superficial). Ressalta-se que, para os anos mais recentes, as informações sobre a produção de carvão são disponibilizadas no site da ABCM³.

A Figura 2 apresenta o resumo por estado da produção de carvão ROM. Em 1990, a produção total no Brasil foi de aproximadamente 10,3 milhões de toneladas. Em 2001, esse valor aumentou 19%, chegando ao total de 12,2 milhões de toneladas. Em 2013, observa-se o pico da série histórica analisada com a produção de quase 14 milhões de toneladas, seguindo com redução de 21% em comparação com 2016, que atingiu 11 milhões de toneladas de carvão.

Figura 2. Produção de carvão ROM (em toneladas), por estado, série de 1990 - 2016

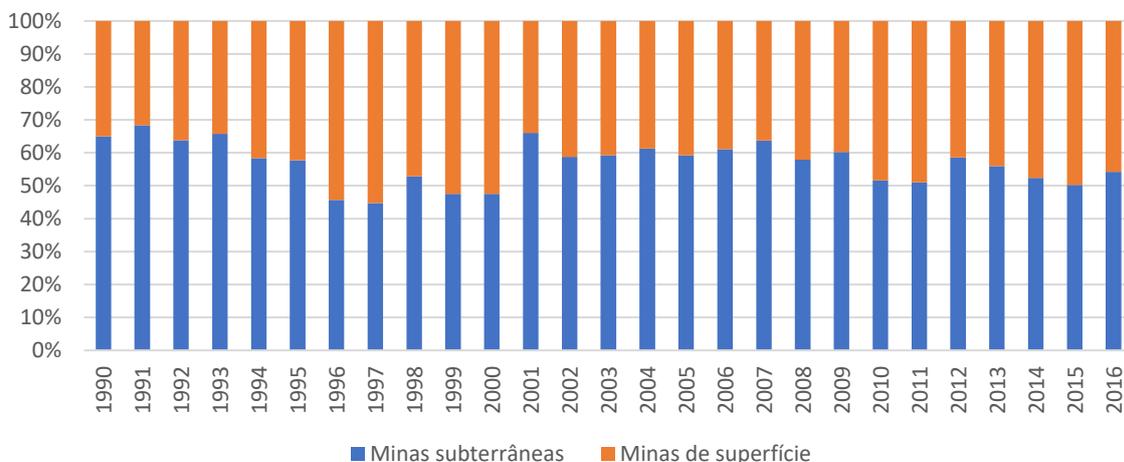


Fonte: ABCM (2019)

Com relação às camadas de origem do carvão, observa-se que historicamente há uma ligeira predominância entre a produção em minas subterrâneas com relação às minas de superfície, conforme indicado na Figura 3. No Apêndice A é possível encontrar os dados completos de produção, separados por camada de origem do carvão mineral.

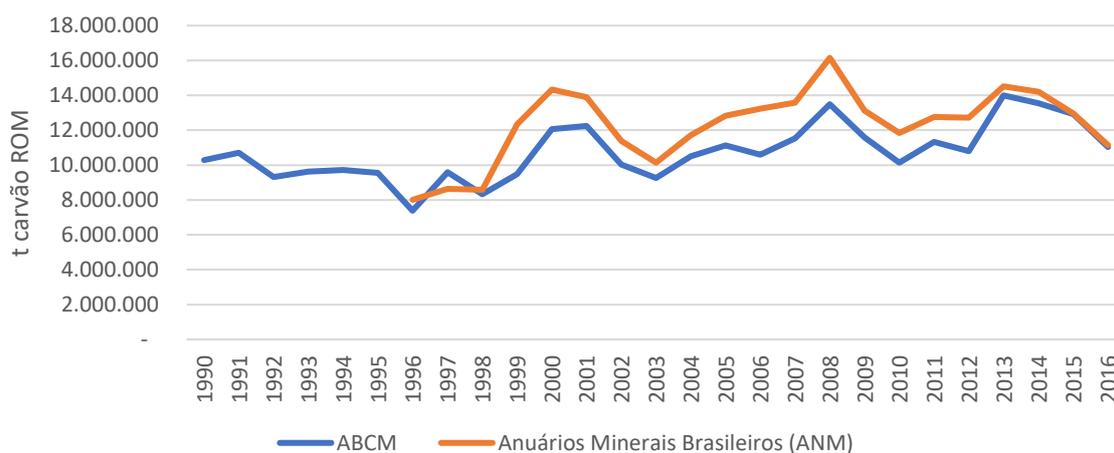
³ Disponível em: www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=9&i_area=2

Figura 3. Participação da produção de carvão mineral nacional conforme camada de origem



Durante o levantamento de dados de atividades, além dos dados recebidos pela ABCM, também foram levantadas informações junto à Agência Nacional de Mineração (ANM) referentes aos Anuários Minerai⁴, elaborados com base nos Relatórios Anuais de Lavra (RAL). Os dados de atividade, ou seja, quantidade produzida de carvão ROM em termos absolutos, foram comparados entre as duas fontes de informações. De acordo com a Figura 4, notou-se que há uma diferença média de 13%, considerando a série histórica, entre os dados disponíveis nas duas bases. Observa-se que, de modo geral, as tendências dos resultados são preservadas, apesar de não haver uma correlação exata dos valores, com exceção dos resultados a partir de 2014.

Figura 4. Comparação dos dados de atividades do Quarto Inventário e Anuários Minerai⁴ Brasileiros



⁴ Disponível em: www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro

Em consulta à equipe da ANM foi informado que, além de os dados do RAL serem autodeclaratórios, existem alguns problemas com relação à série histórica, pois até o final da década de 1990 os dados eram recebidos em papel e não foram sistematizados na base de dados atual.

Dada a cobertura da série histórica necessária para a elaboração do Inventário Nacional (a partir de 1990), os dados disponíveis pelos Anuários não são suficientes. Além disso, para a aplicação da metodologia IPCC 2006, foi necessário o levantamento de informações que vão além de apenas a quantidade produzida de carvão por mina, mas também consideram informações sobre a camada de origem e profundidade das minas, para aplicação dos fatores de emissão mais coerentes. Nesse sentido, por conseguir atender aos critérios de desagregação e consistência da informação para a série histórica analisada, os dados utilizados para o Quarto Inventário são aqueles a partir da base de dados da ABCM.

Em consulta à ABCM foi informado que os dados da base de informação deles são coletados após a etapa de preenchimento do RAL e que antigamente, por não ser o RAL eletrônico, havia diversos erros de digitação. Para os anos mais recentes tudo está automatizado e com planilhas vinculadas às informações anteriores, minimizando divergências entre os anos, o que pode ser observado na maior aderência entre as bases de dados e as informações do RAL para os anos mais recentes. Além disso, essas discrepâncias também poderiam ser justificadas por a contabilização da produção relatada pelas empresas considerar ou não a umidade nos levantamentos históricos de informações.

2.1.1 Considerações sobre emissões de CO₂ na mineração e manejo do carvão mineral no Quarto Inventário

Nos inventários anteriores houve a contabilização das emissões de CO₂. Elas eram provenientes da combustão não controlada na armazenagem e nos rejeitos do carvão. Na ocasião, foi realizada avaliação que considerou o carvão ROM como um produto que não permanece como tal na mina após a sua extração, sendo imediatamente beneficiado e/ou vendido. Além disso, não havia conhecimento sobre o tempo de estocagem dos carvões, bem como das pilhas de rejeito. Para o cálculo, utilizou-se um fator de oxidação de 50% para o carbono contido nos rejeitos. Ocorre que no IPCC 2006 não há indicações que justifiquem a adoção desta abordagem, além disso, é importante destacar que essa quantificação estava relacionada com o potencial de liberação de CO₂, não representando sua efetiva emissão.

De acordo com o IPCC 2006, as possibilidades de cálculo de emissão de CO₂ são: a partir da queima ou conversão por oxidação catalítica do CH₄ drenado em CO₂ (subcategoria 1.B.1.a.i.4); e a partir da combustão não controlada nos depósitos de carvão (subcategoria 1.B.1.b).

Segundo o IPCC 2006 é possível a contabilização do CO₂ a partir da combustão ou conversão do CH₄, desde que haja registros dessas informações pelos operadores das minas. Para a oxidação a baixa temperatura, quando ocorre, ela costuma ser insignificante quando comparada ao total de emissões das minas subterrâneas, e não há métodos para estimar essas emissões. Há a indicação de que, quando há o registro de emissões relevantes de CO₂ juntamente com CH₄, devem ser reportadas

caso a caso. De acordo com pesquisa realizada na ABCM e na ANM, não há registros de ocorrência de drenagem de CH₄, tampouco de sua utilização ou combustão.

Para as emissões por combustão não controlada, de acordo com o IPCC 2006, atualmente não existem métodos claros disponíveis para medir sistematicamente ou estimar com precisão os dados da atividade, embora, quando os países dispõem de dados sobre as quantidades de carvão queimado, o CO₂ deva ser estimado com base no teor de carbono do carvão e comunicado na subcategoria pertinente (1.B.1.b). Conforme consulta realizada junto ao especialista do setor da ABCM, essa situação há mais de 20 anos poderia ser uma realidade, uma vez que os rejeitos eram acumulados em pilhas em locais abertos, o que favorecia a formação de um ambiente propício à combustão não controlada. Para os anos mais recentes, o que se observa no país é que todo o setor foi reestruturado visando a recuperação dos passivos ambientais (o que inclui a disposição de rejeitos), bem como a remineração de rejeitos antigos para fins energéticos. Desta maneira, pode-se afirmar que no Brasil essas emissões de CO₂ não são identificadas, uma vez que há planos de manejo de resíduos, sendo eles depositados de modo controlado, de forma a evitar sua combustão.

2.1.2 Considerações sobre emissões em minas subterrâneas abandonadas

De acordo com o IPCC 2006, presume-se que minas abandonadas consideradas não gasosas, quando eram exploradas ativamente, têm emissões insignificantes. Todavia, em minas gasosas as emissões deverão ser contabilizadas no Inventário Nacional após o encerramento de suas atividades. Na metodologia dos EUA, o termo “mina gasosa” refere-se às minas de carvão que, quando eram ativas, apresentavam emissões médias anuais de ventilação que ultrapassavam a faixa de 2.800 a 14.000 metros cúbicos por dia (m³/d), ou 0,7 a 3,4 Gg por ano.

Para o Quarto Inventário as emissões relacionadas às minas abandonadas não foram estimadas, uma vez que, de acordo com Silva et al. (2010) e Bonetti et al. (2019), as minas brasileiras não são consideradas gasosas. Todavia, essas referências indicam que ainda são necessários estudos mais aprofundados e acesso a dados para a caracterização de minas gasosas. Ainda assim, em consulta à especialista da ABCM, foi indicado também que as minas brasileiras são consideradas não gasosas ou com baixa emissão de metano, devido à característica do carvão explorado e à localização das minas.

Apesar dessas sinalizações, é importante o aprofundamento de estudos para futuros inventários. Dessa maneira, para o Quarto Inventário, essas emissões não foram possíveis de serem estimadas, por falta de subsídios que pudessem caracterizar as minas abandonadas no país.

Além disso, também é necessária a consolidação de uma base de informações oficial periódica e de fácil acesso, com dados sobre o encerramento das atividades das minas no país, bem como sua localização e presença de água ou não em suas galerias.

2.2 Fatores de emissão e outros parâmetros

Conforme mencionado anteriormente, as estimativas de emissões em minas de carvão para este Quarto Inventário foram realizadas utilizando fatores de emissão-padrão (*default*) do IPCC 2006.

Todavia vale lembrar que, para o Segundo Inventário (BRASIL, 2010), houve um esforço inicial na busca de fatores de emissão que refletissem melhor a realidade brasileira da mineração e do beneficiamento do carvão. Para tal, foi realizada uma pesquisa pelo Laboratório de Química Analítica Ambiental pertencente à Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. Observou-se pelo estudo que não houve a correlação esperada do carvão com maior *ranking* e maiores emissões. Além disso, os resultados obtidos por meio do desenvolvimento experimental indicam que o carvão brasileiro apresenta baixo fator de emissão de metano, ou seja, bem abaixo dos fatores mínimos do IPCC. Com isso, foi identificada a necessidade da realização de trabalhos técnicos consistentes e focados especificamente para as emissões fugitivas decorrentes da extração de carvão, de forma a subsidiar a definição de valores efetivamente representativos para as minas do Brasil. Para este Quarto Inventário, tomando por base as recomendações do IPCC 2006, descritas para cada subcategoria, foram levantados dados do setor que pudessem melhor justificar as escolhas dos fatores de emissão, com base nas orientações metodológicas indicadas, conforme relatado a seguir.

2.2.1 Minas subterrâneas

Uma vez que não há informações sobre o metano recuperado, para estimar as emissões de mineração em minas subterrâneas foi utilizada a equação 4.1.3, Volume 2, Capítulo 4 do IPCC 2006:

EQUAÇÃO 4.1.3

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA - ANTES DO AJUSTE PARA QUALQUER UTILIZAÇÃO OU QUEIMA DE METANO

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção Subterrânea de Carvão} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

Na qual as unidades são: emissões de CH₄ (Gg/ano); fator de emissão de CH₄ (m³/tonelada)⁵; e produção subterrânea de carvão (tonelada/ano).

Para a escolha do fator de emissão foram consideradas variáveis específicas individuais, tais como a profundidade dos principais veios de carvão, para determinar o fator de emissão a ser usado. De acordo com o IPCC 2006, como o teor de gás geralmente aumenta com a profundidade, a extremidade inferior da faixa deve ser aplicada para profundidades médias de mineração <200m; e profundidades >400m, o valor mais alto do FE seria o apropriado. Para profundidades intermediárias, valores médios podem ser usados.

⁵ Para conversão do fator de emissão, em todo o Quarto Inventário é utilizada a densidade do CH₄ indicada pelo IPCC 2006 no valor de 0,67 Gg/10⁶ m³.

No caso do Brasil, de acordo com os dados disponibilizados pela ABCM, foi feita uma análise para definição da faixa de profundidade média das minas subterrâneas brasileiras. Foi possível o levantamento dessas informações para 47% das minas subterrâneas do tipo ROM, entre ativas e inativas. Para essas, calculou-se a média de profundidade, considerando-se os valores de cada uma, obtendo-se uma média aproximada de 125m. Diante desse fato, optou-se pela escolha do fator mínimo de emissão de CH₄ (10m³/t), que de acordo com o IPCC deve ser usado para minas subterrâneas com até 200m de profundidade.

Para calcular as emissões de pós-mineração em minas subterrâneas foi utilizada a equação 4.1.4 do IPCC 2006, que segue o mesmo raciocínio anterior. Para a escolha do fator de emissão, também foi considerado o fator mais baixo (0,9 m³/t).

EQUAÇÃO 4.1.4

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - EMISSÕES PÓS-MINERAÇÃO - MINAS SUBTERRÂNEAS

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção Subterrânea de Carvão} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

2.2.2 Minas de superfície

Para o cálculo de emissões em minas de carvão de superfície, foi utilizada a equação 4.1.7 do IPCC 2006:

EQUAÇÃO 4.1.7

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - MINAS DE SUPERFÍCIE

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção de Carvão de Superfície} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

Na qual as unidades são: emissões de CH₄ (Gg/ano); fator de emissão de CH₄ (m³/tonelada); e produção de carvão de superfície (tonelada/ano).

Para escolha do fator de emissão, na abordagem *Tier 1*, é considerado *boa prática* usar o limite inferior da faixa de emissão específica para minas com profundidades de sobrecarga média de menos de 25 metros e a extremidade alta para profundidades de sobrecarga acima de 50 metros. Para profundidades intermediárias, podem ser usados valores médios para os fatores de emissão. Na ausência de dados sobre a espessura da sobrecarga, é considerado *boa prática* usar o fator de emissão médio, ou seja, 1,2 m³/ton.

No Brasil, com relação à profundidade das minas de superfície, a análise elaborada com base nos dados da ABCM indicou que 94% das minas de superfície do tipo ROM, entre ativas e inativas, têm profundidades menores que 50m. Entretanto, não há dados que indiquem que essas profundidades seriam menores que 25m. Desse modo, e com o objetivo de se considerar uma abordagem mais

conservadora, optou-se pela utilização do fator de emissão intermediário de CH₄ para minas de superfície (IPCC, 2006).

Para o cálculo das emissões de pós-mineração em minas de superfície foi utilizada a equação 4.1.8 do IPCC 2006, que segue o mesmo raciocínio anterior; e, para a escolha do fator de emissão, também foi considerado o fator médio (0,1 m³/t), que segue a lógica da adoção do fator da mineração.

EQUAÇÃO 4.1.8

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - EMISSÕES PÓS-MINERAÇÃO - MINAS DE SUPERFÍCIE

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção de Carvão de Superfície} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

A Tabela 3 resume os fatores de emissão que foram adotados no Quarto Inventário.

Tabela 3. Resumo dos fatores de emissão para emissões fugitivas de CH₄ em minas ativas subterrâneas e de superfície

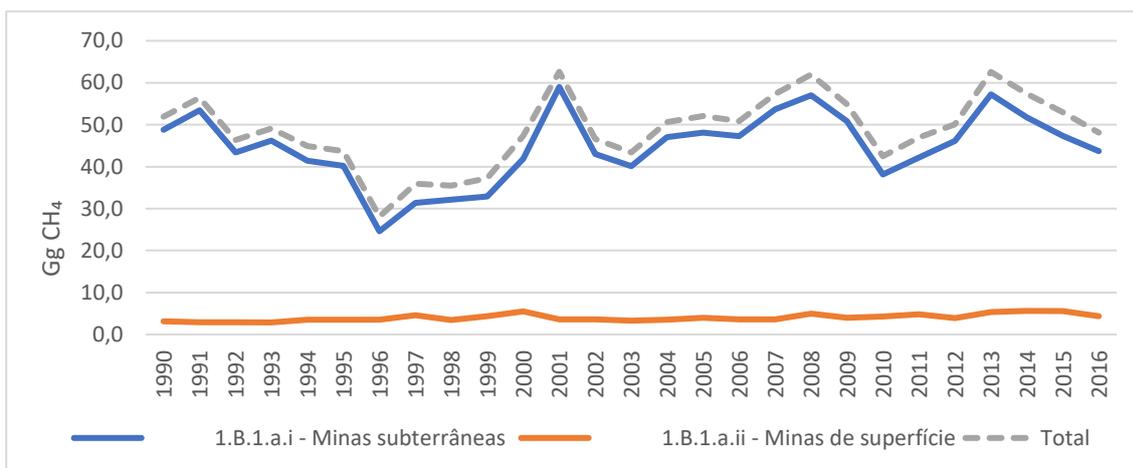
Fatores de emissão para emissões fugitivas de CH ₄	Mineração	Pós-mineração
	m ³ CH ₄ /t carvão	
Minas subterrâneas	10	0,9
Minas de superfície	1,2	0,1

Fonte: IPCC 2006

3 Resultados

As emissões fugitivas da mineração têm relação direta com a produção de carvão mineral no Brasil, conforme tendência observada ao se comparar os dados de atividades utilizados nesse Inventário (Figura 2) e os resultados totais de emissão (Figura 5).

Figura 5. Emissões fugitivas da mineração por camada de origem do carvão (1990 - 2016)



Observa-se que as minas subterrâneas correspondem com a maior proporção das emissões em comparação com as minas de superfície, contribuindo com 90,9% das emissões totais no ano de 2016. Na Figura 6 são apresentadas as emissões relacionadas às minas subterrâneas, enquanto a Figura 7 apresenta as emissões relacionadas às minas de superfície.

Figura 6. Emissões fugitivas de minas subterrâneas (1990 - 2016)

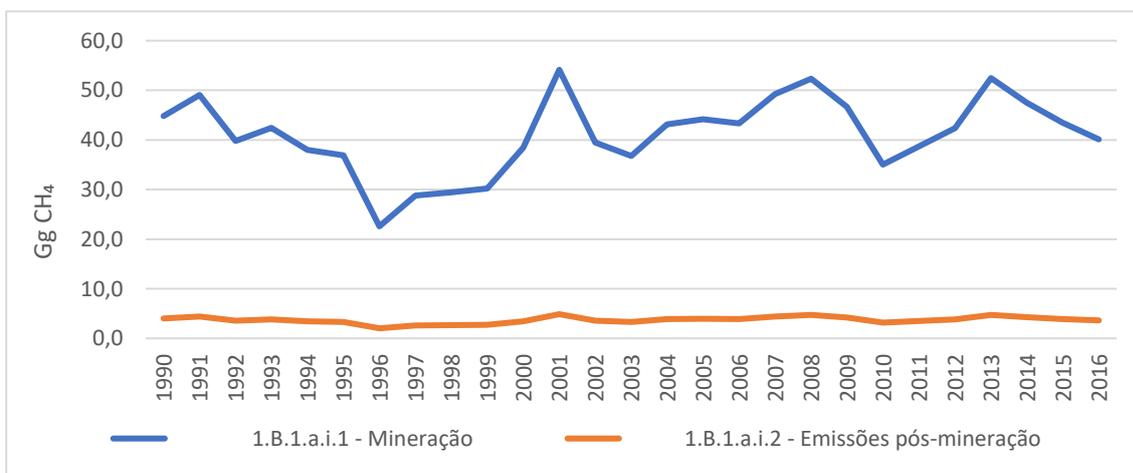
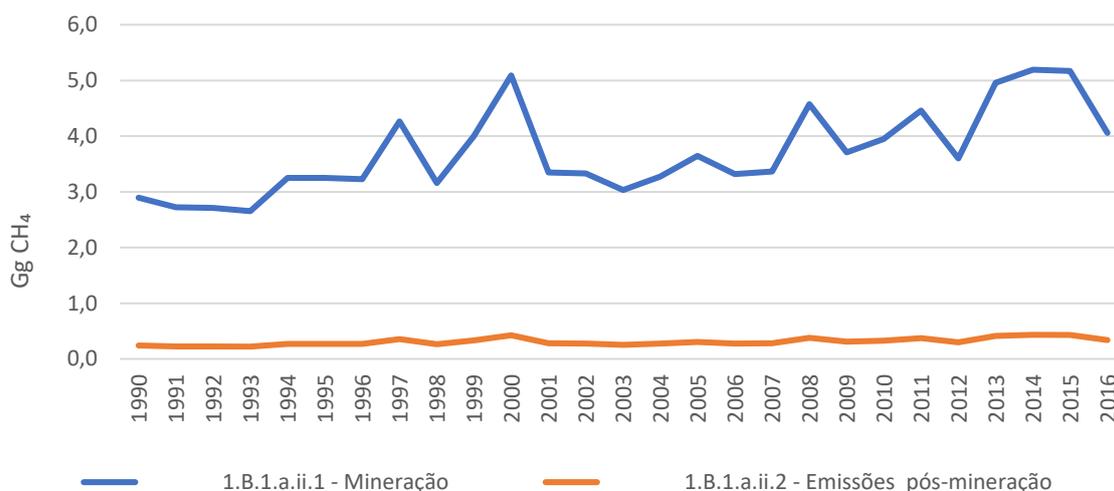
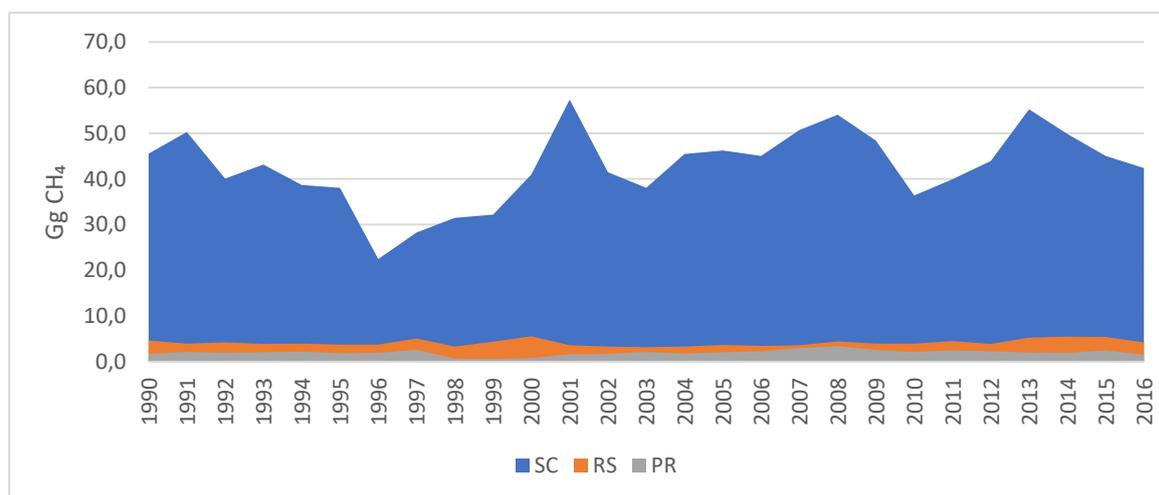


Figura 7. Emissões fugitivas de minas de superfície (1990 - 2016)



As emissões totais de CH₄ em 1990 foram estimadas em 51,9 Gg, tendo três principais picos: 62,6 Gg em 2001, 62 Gg em 2008 e 62,6 Gg em 2013. O menor valor registrado na série histórica foi 28,1 Gg em 1996. O estado de Santa Catarina tem a maior emissão em comparação ao Rio Grande do Sul e Paraná (Figura 8).

Figura 8. Emissões fugitivas da mineração por unidades federativas



A significativa queda da produção de carvão mineral e, conseqüentemente, a redução das emissões, em meados da década de 1990, ocorreu no ano de 1996. De acordo com a série histórica do Sumário Mineral (ANM, 2019), essa redução deveu-se ao conjunto de alguns fatores: greve de mineiros, paralisação de minas em Santa Catarina devido a problemas técnicos e por determinação judicial (resultado de lei municipal que criou área de preservação ambiental superposta às áreas que

atualmente vinham sendo mineradas) e também por substituição de carvão por fontes alternativas no segmento industrial (cimento, cerâmica e outros).

A partir de 1998 é observada uma retomada no crescimento da produção de carvão mineral, sendo o pico atingido em 2001 devido, principalmente, à estiagem de chuvas, o que provocou a redução dos reservatórios das usinas hidrelétricas e o consequente aumento na demanda por carvão para abastecer as usinas termelétricas existentes, que passaram a operar a plena carga.

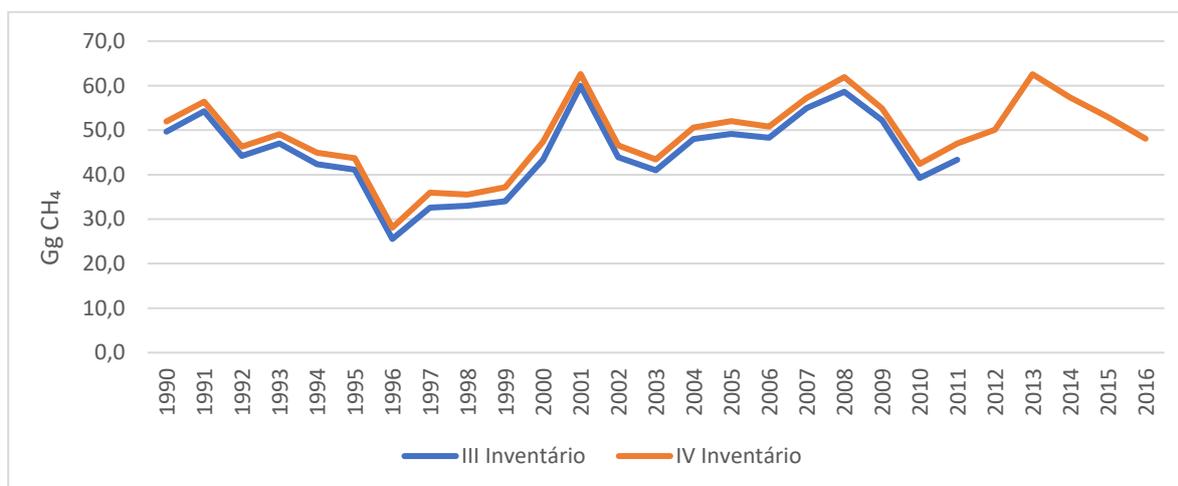
Após a crise energética nacional que ocorreu de 2000 a 2001, os reservatórios das hidrelétricas brasileiras foram recuperando seu nível de segurança, e a geração de termelétricidade a carvão mineral foi reduzida em quase 30% no país em 2003. Após esse período é possível observar o crescimento da produção de carvão para os anos seguintes, porém sendo identificada queda no ano de 2009, dada a crise internacional que retraiu o crescimento das atividades econômicas no país.

A partir de 2010 observa-se uma retomada no crescimento econômico e aumento na demanda de energia elétrica. Para os anos seguintes, os aumentos na produção justificam-se pelas expectativas de uma demanda aquecida tanto do setor térmico como no setor industrial, às melhorias de lavra e aos avanços tecnológicos. Em 2013 é observado outro pico de produção, principalmente por causa da produção de carvão energético, utilizado em termelétricas que foram acionadas para compensar os baixos níveis de reservatórios hídricos no período. A partir de 2015 os níveis dos reservatórios foram sendo normalizados, justificando redução na produção de carvão para os anos mais recentes. No APÊNDICE B deste relatório é possível identificar a tabela com resultados de emissões desagregados para toda a série histórica, de 1990 a 2016.

4 Diferenças em relação ao Terceiro Inventário

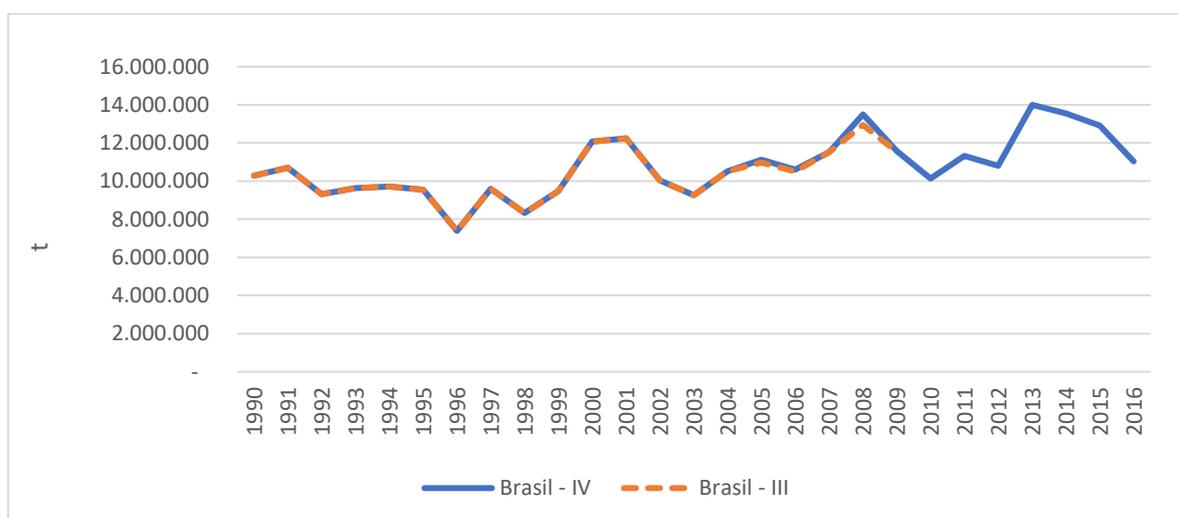
Apesar de o uso do IPCC 2006 não apresentar mudanças significativas em termos de cálculos de emissões, em comparação com o IPCC 1996 utilizado no inventário anterior, esta metodologia mais recente fornece informações mais detalhadas sobre os procedimentos e premissas para cálculo. Desse modo, são observadas pequenas diferenças entre os resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário, conforme Figura 9.

Figura 9. Comparação dos resultados de emissões de CH₄ entre o Terceiro e o Quarto Inventário



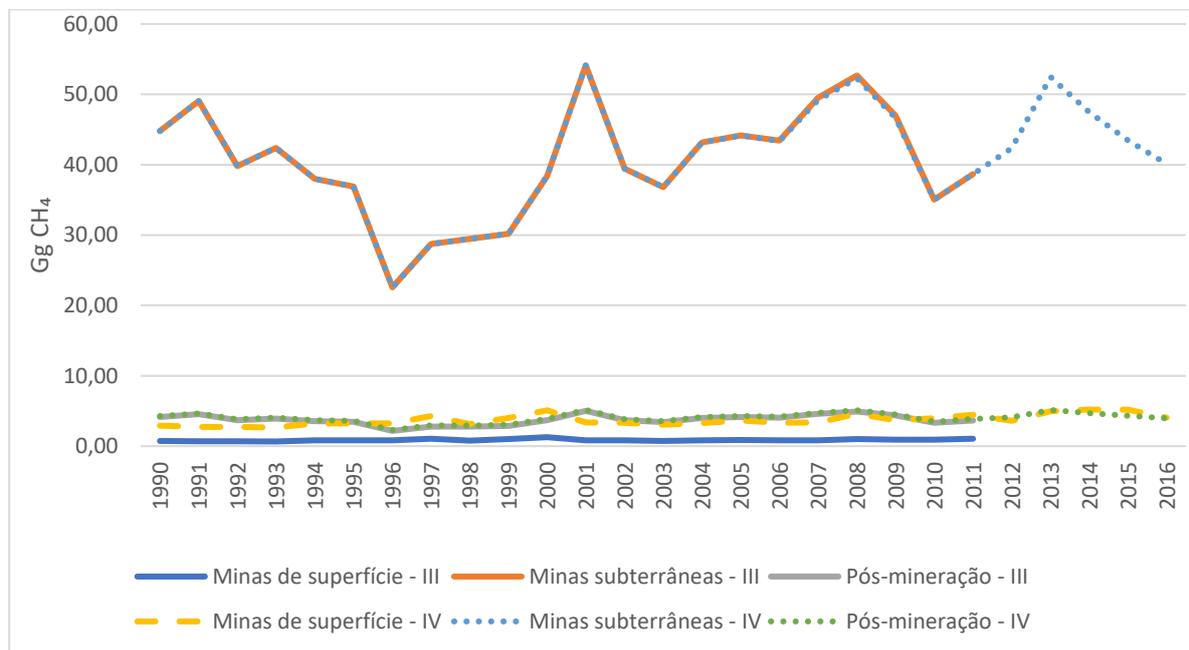
Para que se possa justificar as diferenças observadas, primeiramente foram analisados os dados de atividade utilizados e observou-se que eles são consistentes entre os Inventários, apresentando pequenas diferenças somente para os anos mais recentes, conforme Figura 10.

Figura 10. Comparação dos dados de atividade entre os inventários (produção de carvão ROM)



Avançando para a parte metodológica, no Quarto Inventário foi possível avaliar e justificar o uso de fatores de emissão mais consistentes com a realidade observada no país. Apesar desses fatores serem padrões, eles têm intervalos, e seus usos devem ser justificados diante da realidade nacional. Para tal, com relação ao inventário anterior, optou-se pela utilização de fatores de emissão médios para minas de superfície (mineração e pós-mineração), sendo essa a principal justificativa para as diferenças entre o Terceiro e o Quarto Inventário, que na Figura 11 estão claramente relacionadas somente às minas de superfície.

Figura 11. Comparação dos resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário desagregados nas principais atividades



Além disso, neste Quarto Inventário as emissões de CO₂ não foram estimadas, uma vez que não há a atividade ou o registro de dados no país que permitam o cálculo, e tendo os resultados estimados nos inventários anteriores um nível de incerteza bastante elevado, conforme justificado no item 2.1.1.

5 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CARVÃO MINERAL (ABCM). **Dados de produção de carvão mineral e informações sobre minas**. Informações recebidas por e-mail em: 5 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral**. 2019. Disponível em: www.anm.gov.br/dnmp/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral. Acesso em: 6 ago. 2019.

BONETTI, B. et al. CH₄ and CO₂ monitoring in the air of underground coal mines in southern Brazil and GHG emission estimation. **REM, Int. Eng. J.**, Ouro Preto, v. 72, n. 4, p. 635-642, out. 2019. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-167X2019000500635&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Volume II. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**. Ano-Base 2018. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA. Volume 2 Energy. Bracknell: UK Meteorological Office, 1996

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 2 Energy, Chapter 4 Fugitive Emissions. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

SILVA, R. et al. Monitoring light hydrocarbons in Brazilian coal mines and in confined coal samples. **International Journal of Coal Geology**, v. 84, Issues 3-4, p. 269-2751, dez. 2010. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516210001886?via%3Dihub. Acesso em: 27 jan. 2020.

APÊNDICE A - Detalhamento metodológico

A.1. DADOS DE ATIVIDADE - Produção carvão ROM (*run-of-mine*)

- Carboníferas em Santa Catarina - 1990 a 2003 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CARBONÍFERA BARRO BRANCO S.A. – SC															
Camada Bonito	CA	-	-	59.932	116.060	286.160	385.352	-	-	-	-	-	-	-	-
Camada Barro Branco	CA	9.707	28.063	19.271	29.320	105.919	12.097	75.259	39.493	32.538	-	-	-	-	-
Mina Rio Dez	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.987	25.447	-	-	-
Mina Represa	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.160	6.570	-	-	-
Mina Índio	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.200	4.074	-	-	-
Mina 3G	S	276.874	443.212	427.052	336.623	114.023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina 3 E/F	S	70.610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Bonito I	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52.821	67.251	-	-	-
CARBONÍFERA BELLUNO LTDA. – SC															
Mina Malha II	CA	-	-	-	-	5.893	10.099	4.270	28.880	65.808	67.966	86.534	-	-	-
Mina Marion	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	13.618	89.285	113.677	165.344	159.425	142.702
Mina Vila Irapuá	S	-	-	-	22.000	55.528	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Malha II	S	-	-	-	-	21.315	147.856	247.956	237.459	198.271	119.070	151.599	327.788	-	-
Mina Fiorita ME	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	212.357	270.372	90.447	-	-
Mina Cantão	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	277.135
Mina Morozini Norte	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94.033

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Mina Lauro Müller	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA CATARINENSE LTDA. – SC															
Mina 3G	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275.946	277.047	336.853
Mina Bonito I	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	452.553	461.466	339.399
COMPANHIA CARBONÍFERA CATARINENSE (CCC) – SC															
Mina Rio Maina – Poço 3	S	313.188	319.616	343.246	337.786	373.604	422.861	287.257	320.665	335.162	231.985	295.362	-	-	-
Catarinense III	S	9.543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA CRICIÚMA S.A. – SC															
UM III – Mina Rio Queimado	CA	7.134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UM IV – Volta Redonda	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UM II – Verdinho	S	1.387.511	864.127	566.358	671.022	781.199	747.680	573.574	1.015.750	978.928	1.016.191	1.293.808	1.202.134	1.206.117	981.338
CARBONÍFERA METROPOLITANA S.A. -SC															
Mina Floresta	CA	-	-	-	-	-	-	-	10.165	-	-	-	-	-	-
Canal Fase II – Forquilha	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Esperança	S	1.279.654	2.131.247	1.505.486	1.147.417	1.134.551	1.021.426	945.722	1.099.766	1.273.386	1.192.665	1.518.494	1.388.649	1.250.812	1.293.429
Mina Fontanella	S	-	-	21.356	66.302	89.434	5.631	12.115	56.564	67.868	4.946	6.297	-	-	-
Mina Nesi	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.204	7.899	-	-	-
CARBONÍFERA SANTA LUZIA LTDA. – SC															
Mina Portão	CA	-	-	-	-	-	-	269.299	203.744	236.048	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS LTDA. – SC															
Mina Frente F	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA TREVISÓ S.A. – SC															
Mina Rio Pio	CA	-	-	-	-	-	45.688	6.666	41.685	-	-	-	-	-	-
Mina Portão	S	-	-	-	129.784	-	385.352	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Rossi	S	-	-	-	-	27.520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Itanema II	S	342.774	179.450	17.800	87.486	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Possenti	S	-	-	48.217	38.429	-	-	-	38.185	-	-	-	-	-	-

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
COMPANHIA CARBONÍFERA DE URUSSANGA (CCU) – SC															
Mina Sangão	CA	5.129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Geraldo	S	108.695	187.211	958.990	1.093.827	980.637	873.587	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Santana	S	-	823.824	395.026	201.033	101.566	69.341	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Santa Augusta	S	1.021.417	880.756	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMPANHIA BRASILEIRA CARBONÍFERA DE ARARANGUÁ (CBCA) – SC															
Mina São Simão	S	120.557	123.793	60.900	88.290	76.099	39.730	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Pedro	S	-	43.737	50.400	91.762	77.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Verdinho – Mina 3	S	374.440	618.743	622.840	584.072	503.765	552.049	-	-	-	-	-	-	-	-
COMIM & CIA LTDA. – SC															
Mina Comin	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	84.405	115.906	147.571	178.791	161.270	-
COOPERMINAS S.A. – SC															
Mina Verdinho – Mina 3	S	-	-	-	-	-	-	439.198	443.501	374.536	293.317	373.449	632.105	545.701	700.466
Mina 2	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina (Criciúma)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina (Lauro Muller)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128.088	225.145	126.848
Mina (Siderópolis)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128.088	-	-
IBRACOQUE MINERAÇÃO LTDA. – IBRAMIL – SC															
Mina Plano Lageado	S	66.751	130.365	111.787	80.858	23.123	2.673	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Figueira	S	30.055	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. – SC															
Mina Santana	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Trevo	S	-	-	-	-	-	-	-	-	74.476	1.196.994	1.524.005	2.279.544	658.821	247.629
Mina Rio Deserto	S	-	137.665	167.956	114.837	132.943	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Geraldo	S	-	-	-	-	-	-	440.138	616.703	933.139	11.769	14.984	-	-	-
Mina Barro Branco	S	-	-	-	-	-	-	88.693	-	-	14.983	19.076	468.371	507.219	458.211
Mina Santana	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Mina Novo Horizonte	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina 101	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Cruz de Malta	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MINAGEO LTDA. – SC															
Mina Santa Augusta	S	-	-	-	-	-	-	-	7.094	26.008	22.394	28.512	35.704	34.662	11.655
Mina Trevo	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.136
MINERAÇÃO FORQUILHA LTDA. – SC															
Mina N. Sra. dos Campos	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.380	-	-
Mina N. Sra. dos Campos	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.085	14.936
MINERAÇÃO PÉROLA LTDA. – SC															
Linha Antas D	CA	-	30.925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linha Antas A, B e C	CA	-	2.908	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOVA PRÓSPERA MINERAÇÃO S.A. – SC															
Mina Sangão (Mina A)	S	532.204	-	187.283	804.714	763.156	894.940	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Morro Albino (Mina B)	S	296.988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VALE – BENEFICIAMENTO DE CARVÃO MINERAL LTDA. -SC															
Lageado	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	402.311	381.801	261.340

Continuação: Carboníferas em Santa Catarina - 2004 a 2016 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CARBONÍFERA BARRO BRANCO S.A. – SC														
Camada Bonito	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camada Barro Branco	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Rio Dez	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Represa	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Índio	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina 3G	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina 3 E/F	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Bonito I	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA BELLUNO LTDA. – SC														
Mina Malha II	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Marion	CA	92.396	4.860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Vila Irapuá	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Malha II	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Fiorita ME	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Cantão	S	390.098	434.239	429.888	511.563	726.552	247.143	172.381	33.294	512.283	656.663	244.356	769.723	700.927
Mina Morozini Norte	S	247.551	356.298	581.888	577.937	605.220	420.931	186.500	496.744	-	-	-	-	-
Mina Lauro Müller	S	-	-	-	-	-	302.064	210.688	40.693	626.123	802.588	298.657	940.773	856.689
CARBONÍFERA CATARINENSE LTDA. – SC														
Mina 3G	S	544.800	594.585	749.531	691.412	596.828	391.230	337.088	369.862	451.188	598.925	714.149	772.612	858.047
Mina Bonito I	S	445.803	494.479	366.034	390.879	416.498	298.339	217.507	302.471	369.153	490.030	584.304	632.137	702.039
COMPANHIA CARBONÍFERA CATARINENSE (CCC) – SC														
Mina Rio Maina – Poço 3	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catarinense III	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CARBONÍFERA CRICIÚMA S.A. – SC														
UM III – Mina Rio Queimado	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UM IV – Volta Redonda	CA	-	-	-	36.708	12.164	4.075	-	-	-	-	-	-	-
UM II – Verdinho	S	1.175.504	1.292.045	1.296.661	1.456.932	1.921.112	1.551.328	1.206.105	1.209.781	882.402	1.491.516	988.120	2.400	-
CARBONÍFERA METROPOLITANA S.A. – SC														
Mina Floresta	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canal Fase II – Forquilha	CA	-	-	14.395	8.827	45.161	40.658	-	-	-	-	-	-	-
Mina Esperança	S	1.302.964	1.025.849	549.081	1.091.509	269.274	689.145	-	-	-	-	-	-	-
Mina Fontanella	S	-	26.216	216.828	251.491	507.831	632.023	807.895	1.198.588	1.585.759	1.202.282	1.251.096	1.331.408	1.430.254
Mina Nesi	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA SANTA LUZIA LTDA. – SC														
Mina Portão	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS LTDA. – SC														
Mina Frente F	CA	-	155.288	100.000	-	556.435	49.084	388.808	396.461	7.425	54.000	68.932	168.511	209.362
CARBONÍFERA TREVISO S. A. – SC														
Mina Rio Pio	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Portão	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Rossi	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Itanema II	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Possenti	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMPANHIA CARBONÍFERA DE URUSSANGA (CCU) – SC														
Mina Sangão	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Geraldo	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Santana	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Santa Augusta	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMPANHIA BRASILEIRA CARBONÍFERA DE ARARANGUÁ (CBCA) – SC														

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mina São Simão	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Pedro	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Verdinho – Mina 3	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMIM & CIA LTDA. – SC														
Mina Comin	CA	115.206	117.880	-	-	-	-	-	-	39.102	-	54.115	1.240	-
COOPERMINAS S.A. – SC														
Mina Verdinho – Mina 3	S	996.297	143.081	993.637	949.286	900.274	807.884	991.361	1.016.433	843.599	953.867	1.045.413	-	-
Mina 2	S	-	-	9.771	6.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina (Criciúma)	S	-	1.002.540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina (Lauro Muller)	S	188.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina (Siderópolis)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IBRACOQUE MINERAÇÃO LTDA. – IBRAMIL – SC														
Mina Plano Lageado	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Figueira	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. – SC														
Mina Santana	CA	11.129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Trevo	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Rio Deserto	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Geraldo	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Barro Branco	S	822.162	880.325	923.855	956.631	1.262.065	581.001	-	-	-	-	-	-	-
Mina Santana	S	-	50.760	2.290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Novo Horizonte	S	-	-	-	-	4.282	63.447	86.814	58.635	-	-	-	-	-
Mina 101	S	-	-	-	-	-	-	-	7.593	327.430	614.336	742.748	742.450	552.942
Mina Cruz de Malta	S	-	-	-	-	72.071	576.119	668.843	668.988	400.193	750.855	907.804	907.438	675.817
MINAGEO LTDA. – SC														
Mina Santa Augusta	S	-	-	35.413	52.377	53.475	53.608	48.548	25.317	8.452	-	40.418	48.078	-

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mina Trevo	S	35.905	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MINERAÇÃO FORQUILHA LTDA. – SC														
Mina N. Sra. dos Campos	CA	-	8.980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina N. Sra. dos Campos	S	51.047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MINERAÇÃO PÉROLA LTDA. – SC														
Linha Antas D	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linha Antas A, B e C	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOVA PRÓSPERA MINERAÇÃO S.A. – SC														
Mina Sangão (Mina A)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Morro Albino (Mina B)	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VALE – BENEFICIAMENTO DE CARVÃO MINERAL LTDA. – SC														
Lageado	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Carboníferas no Rio Grande do Sul - 1990 a 2003 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Companhia Riograndense de Mineração (CRM) – RS															
Mina de Candiota	CA	1.541.403	1.735.912	1.445.901	1.216.171	1.663.211	1.762.006	1.417.000	1.928.796	1.591.547	2.349.831	2.991.790	1.592.095	1.732.836	1.486.334
Mina Taquara	CA	-	-	32.359	71.883	88.688	37.726	15.639	21.288	80.785	111.480	141.936	19.431	-	-
Mina da Boa Vista	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.254	79.796	71.494
Mina São Vicente Norte	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Leão I	S	140.257	147.988	189.240	153.667	111.134	86.931	72.193	98.268	37.981	41.673	53.058	39.297	4.380	-
Carbonífera Palermo Ltda. – RS															
Mina Capané I	CA	216.169	198.802	177.595	253.259	207.767	-	-	-	-	136.294	173.529	146.090	112.455	111.969
Mina Capané II	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.700	119	119
Rejeitos	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.000	44.562	-	-	-
Companhia Nacional Mineração Candiota – RS															
Mina do Seival	CA	30.563	49.739	49.349	46.701	28.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copelmi Mineração Ltda. (COPELMI) – RS															
Mina do Recreio	CA	1.074.970	990.048	1.264.978	1.057.130	1.186.056	1.378.091	1.875.507	2.552.908	1.820.863	1.963.270	2.499.623	1.410.789	1.506.517	1.155.629
Mina do Faxinal	CA	449.920	170.225	306.170	28.620	15.166	12.880	22.678	30.869	-	77.442	98.599	-	217.981	701.179
Mina Butiá-Leste	CA	264.520	176.419	17.420	480.705	454.480	371.183	305.313	415.587	-	-	-	545.592	168.322	104.116
Mina do Seival	CA	-	-	-	-	-	26.002	22.995	31.300	-	-	-	-	-	-
Mina do Cerro	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Charqueadas	S	73.270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sociedade Mineradora do Cerro Ltda. – RS															
Mina do Cerro	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação: Carboníferas no Rio Grande do Sul - 2004 a 2016 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Companhia Riograndense de Mineração (CRM) – RS														
Mina de Candiota	CA	1.606.961	2.128.556	1.966.490	1.804.686	1.604.836	1.592.260	1.713.448	2.069.023	1.716.150	3.366.843	3.430.900	3.503.207	2.677.832
Mina Taquara	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina da Boa Vista	CA	122.060	92.442	93.375	90.163	54.605	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina São Vicente Norte	CA	-	-	-	-	226.620	354.750	-	138.715	-	-	-	-	-
Mina Leão I	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbonífera Palermo Ltda. – RS														
Mina Capané I	CA	103.645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Capané II	CA	103.645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rejeitos	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Companhia Nacional Mineração Candiota – RS														
Mina do Seival	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copelmi Mineração Ltda. (COPELMI) – RS														
Mina do Recreio	CA	925.869	400.966	329.916	317.190	828.528	766.845	-	-	-	-	-	-	-
Mina do Faxinal	CA	768.734	819.311	1.012.109	1.047.904	1.245.596	362.984	28.711	-	-	-	-	-	-
Mina Butiá-Leste	CA	202.831	385.430	609.303	877.912	762.481	1.062.739	2.292.119	2.469.138	2.172.920	2.194.374	2.323.410	2.205.226	1.730.213
Mina do Seival	CA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina do Cerro	CA	-	-	-	-	352.844	379.297	488.793	476.271	543.230	548.594	580.853	551.307	432.553
Mina Charqueadas	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sociedade Mineradora do Cerro Ltda. – RS														
Mina do Cerro	CA	19.153	423.662	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Carboníferas no Paraná - 1990 a 2003 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Cia Carbonífera de Cambuí – PR															
Mina Armando Simões	S	138.454	175.861	170.153	194.034	224.606	187.320	262.416	357.196	95.084	85.003	108.225	227.161	235.699	296.643
Mina Poço 115	S	59.933	55.806	50.971	66.035	80.051	66.852	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina Frente 20	S	20.926	37.668	28.865	5.205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina 830	S	-	-	1.649	7.101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Klabin do Paraná Mineração S.A. – PR															
Mina 2	S	20.000	20.310	15.624	7.119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação: Carboníferas no Paraná - 2004 a 2016 (em tonelada)

Mina / Produto	Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Cia Carbonífera de Cambuí – PR															
Mina Armando Simões	S	240.684	287.573	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mina Poço 115	S	-	-	314.370	408.401	470.227	352.030	293.328	344.161	315.131	272.505	267.996	340.000	209.696	
Mina Frente 20	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mina 830	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Klabin do Paraná Mineração S.A. – PR															
Mina 2	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

A.2. FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS

Os fatores de emissão e parâmetros já foram descritos no item 2.2. deste relatório.

APÊNDICE B - Resultados

Tabela 4. Resultados de emissão de CH₄ em Gg

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1.B – Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis														
1.B.1 – Combustíveis Sólidos														
1.B.1.a – Mineração e manejo do carvão	51,9	56,4	46,3	49,1	44,9	43,7	28,1	36,0	35,5	37,2	47,4	62,6	46,6	43,4
1.B.1.a.i – Minas subterrâneas	48,8	53,5	43,4	46,2	41,4	40,2	24,6	31,3	32,1	32,9	41,9	59,0	43,0	40,1
1.B.1.a.i.1 – Mineração	44,8	49,1	39,8	42,4	38,0	36,9	22,6	28,8	29,4	30,2	38,4	54,1	39,4	36,8
1.B.1.a.i.2 – Emissões pós-mineração	4,0	4,4	3,6	3,8	3,4	3,3	2,0	2,6	2,7	2,7	3,5	4,9	3,5	3,3
1.B.1.a.i.3 – Minas subterrâneas abandonadas	NE													
1.B.1.a.i.4 – Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂	NO													
1.B.1.a.ii – Minas de superfície	3,1	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5	4,6	3,4	4,3	5,5	3,6	3,6	3,3
1.B.1.a.ii.1 – Mineração	2,9	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2	4,3	3,2	4,0	5,1	3,3	3,3	3,0
1.B.1.a.ii.2 – Emissões pós-mineração	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
1.B.1.b – Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão	NO													

Legenda: NE - não estimado; NO - não ocorre.

Continuação. Resultados de emissão de CH₄ em Gg

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1.B – Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis													
1.B.1 – Combustíveis Sólidos													
1.B.1.a – Mineração e manejo do carvão	50,6	52,1	50,8	57,3	62,0	54,9	42,5	47,0	50,1	62,6	57,4	53,0	48,1
1.B.1.a.i – Minas subterrâneas	47,0	48,1	47,2	53,6	57,0	50,9	38,2	42,2	46,2	57,2	51,7	47,4	43,7
1.B.1.a.i.1 – Mineração	43,2	44,1	43,3	49,2	52,3	46,7	35,0	38,7	42,4	52,5	47,5	43,5	40,1
1.B.1.a.i.2 – Emissões pós-mineração	3,9	4,0	3,9	4,4	4,7	4,2	3,2	3,5	3,8	4,7	4,3	3,9	3,6
1.B.1.a.i.3 – Minas subterrâneas abandonadas	NE												
1.B.1.a.i.4 – Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂	NO												
1.B.1.a.ii – Minas de superfície	3,5	4,0	3,6	3,6	5,0	4,0	4,3	4,8	3,9	5,4	5,6	5,6	4,4
1.B.1.a.ii.1 – Mineração	3,3	3,6	3,3	3,4	4,6	3,7	3,9	4,5	3,6	5,0	5,2	5,2	4,1
1.B.1.a.ii.2 – Emissões pós-mineração	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
1.B.1.b – Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão	NO												

Legenda: NE - não estimado; NO - não ocorre