



Estimativa das emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário de Santa Catarina, Brasil

Estimate of greenhouse gas emissions from the agricultural sector in Santa Catarina state, Brazil

Denilson Dortzbach¹; Valci Francisco Vieira¹; Kleber Trabaquini¹; Everton Blainski¹; Eduardo Fronza²; Arcângelo Loss^{3,*}

¹ Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina, Brasil. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

³ Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. CEP 880034-000, Florianópolis, Brasil.

*Autor correspondente: arcangelo.loss@ufsc.br (A. Loss).

ORCID de los autores

D. Dortzbach: <https://orcid.org/0000-0002-9470-1072>

K. Trabaquini: <https://orcid.org/0000-0003-4902-4735>

E. Fronza: <https://orcid.org/0000-0001-6739-3409>

V. Francisco Vieira: <https://orcid.org/0000-0003-0554-101X>

E. Blainski: <https://orcid.org/0000-0002-2522-7688>

A. Loss: <https://orcid.org/0000-0002-3005-6158>

RESUMO

Este estudo avaliou as estimativas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) resultante do setor agropecuário e mudanças de usos da terra para Santa Catarina (SC), Brasil. A metodologia abrangeu as atividades de produção agrícola, criação e produção animal. As estimativas foram baseadas no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de GEE, com base nas diretrizes do IPCC e inventários nacionais. O cálculo das estimativas de emissões/remoções associadas às mudanças de usos da terra utilizou dados de 2017 e 2018. O setor agropecuário catarinense corresponde a 36% das estimativas totais de emissões de GEE. A pecuária constitui importante fonte de metano, representando 55% das emissões. O manejo dos solos agrícolas corresponde a 23,54% das emissões da agropecuária. O cultivo de arroz irrigado representa 3,25% do total de metano de SC. A mudança de uso da terra contribui para emissão de GEE em SC, especialmente na conversão de floresta primária em uso agropecuário e silvicultura. A manutenção de floresta contribui para a remoção de CO₂. Os dados sobre emissões das atividades agropecuárias contribuem para identificar os subsetores que apresentam as maiores emissões, assim como contribuem com políticas públicas para a elaboração de propostas para mitigação da emissão desses GEE.

Palabras clave: dióxido de carbono; metano; óxido nítrico; agropecuária; uso da terra.

ABSTRACT

This study evaluated estimates of greenhouse gas (GHG) emissions resulting from the agricultural sector and land use changes for Santa Catarina (SC), Brazil. The methodology covered agricultural production, breeding and animal production activities. Estimates were based on the GHG Emission and Removal Estimation System, based on IPCC guidelines and national inventories. The calculation of estimates of emissions/removals associated with changes in land use used data from 2017 and 2018. The agricultural sector in SC corresponds to 36% of the total estimates of GHG emissions. Livestock is an important source of methane, representing 55% of emissions. The management of agricultural soils corresponds to 23.54% of agricultural emissions. The cultivation of irrigated rice represents 3.25% of the total methane in SC. Land use change contributes to GHG emissions in SC, especially in the conversion of primary forest into agricultural and forestry use. Forest maintenance contributes to CO₂ removal. Data on emissions from agricultural activities help to identify the subsectors with the highest emissions, as well as contribute to public policies for the preparation of proposals for mitigating the emission of these GHG.

Keywords: carbon dioxide, methane; nitrous oxide; agriculture and livestock; land use.

1. Introdução

As preocupações com o aquecimento global e o aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE) aumentaram a necessidade de avaliação da participação da agropecuária nessas emissões. Segundo [Tian et al. \(2020\)](#), economias emergentes, especialmente o Brasil, China e Índia, estão se tornando os principais emissores de GEE à medida que aumentam sua produção de alimentos.

O estado de Santa Catarina encontra-se totalmente inserido no Bioma Mata Atlântica, o terceiro maior bioma brasileiro que possui apenas 12,4% de sua cobertura de floresta original. O desmatamento da Mata Atlântica no período de 2018-2019 apresentou um crescimento de 27% (145 km²) na taxa de desmatamento com relação ao período anterior ([SOS Mata Atlântica, 2019](#)).

Essas mudanças de uso da terra refletem nas emissões de GEE que ocorrem quando a cobertura é alterada para um uso da terra de menor estoque de carbono por hectare ([IPCC, 2003](#)). Excluindo as rochas carbonatadas, os solos constituem as maiores reservas de carbono superficial, com aproximadamente 1500 Gt, o que equivale a quase três vezes a quantidade armazenada na biomassa terrestre e duas vezes a quantidade armazenada na atmosfera ([IPCC, 2003](#)). Portanto, qualquer modificação do uso do solo ou no seu manejo pode induzir mudanças nos estoques de carbono do solo, mesmo em sistemas em que o carbono é percebido como em um estado estacionário ([Six et al., 2002](#); [Lal, 2006](#)), podendo incidir tanto na emissão como na remoção dos GEE.

Estudos estimam que as conversões de ecossistemas nativos para agrossistemas, somadas à agricultura, contribuem com aproximadamente 24% das emissões mundiais de dióxido de carbono (CO₂), 55% das emissões de metano (CH₄) e 85% do total das emissões de óxido nitroso (N₂O) para a atmosfera ([IPCC, 2007](#)).

A pecuária é considerada uma atividade de alto impacto, tanto pela emissão de gases poluentes, odores e particulados como pelo grande volume de resíduos gerados. Sua grande importância na economia catarinense, tornou essa atividade uma das principais emissoras de GEE no estado, especialmente pelos grandes plantéis de bovinos, suínos e aves. Entre os principais GEE da pecuária, destaca-se o CH₄, que possui potencial de aquecimento global 28 vezes maior do que o CO₂ ([Myhre, 2013](#)). O metano produzido em sistemas de produção animal, por exemplo, origina-se principalmente da fermentação entérica

(85% a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos animais ([Machado et al., 2011](#)). O processo de fermentação entérica da pecuária ruminante e os dejetos animais, o cultivo de arroz irrigado por inundação, a queima de resíduos agrícolas, bem como o uso agrícola dos solos constituem importantes fontes de liberação de GEE à atmosfera terrestre ([Lima et al., 2001](#)).

Mesmo ocupando o 20º lugar no ranking de tamanho dos estados, com cerca de 1,1% do território brasileiro, o estado de Santa Catarina é destaque na produção agropecuária, pois o valor da produção agropecuária catarinense de 2020 foi de R\$40,9 bilhões, sendo o maior da história do estado ([EPAGRI/CEPA, 2021](#)). Porém, SC também ocupou, em 2019, o 15º lugar no ranking de emissões totais CO₂e do país, e 6º lugar no ranking de emissões por área, com um valor de 496,85 tCO₂e/km² ([SEEG, 2020](#)).

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar as estimativas de emissões dos gases de efeito estufa resultante do setor agropecuário e usos da terra e florestas para os municípios do estado de Santa Catarina.

2. Material e métodos

O conjunto de dados foi desenvolvido pelo Observatório do Clima, através do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa ([SEEG, 2021](#)), com base nas diretrizes do [IPCC \(2006\)](#) e Inventários Nacionais Brasileiros incorporados a fonte múltiplas de fatores e processos de emissão específicos, dados brutos de fontes oficiais e não oficiais múltiplas e organizados em conjunto. Dados das séries históricas, em sua maioria, foram adquiridos de fontes oficiais, como IBGE ([Brasil, 2021](#)).

A metodologia da estimativa das emissões de GEE da agropecuária abrange na pecuária as emissões antrópicas de fontes e remoções por sumidouros dos subsetores de fermentação entérica, manejo de dejetos animais (direto e indireto) e manejo de solos (aplicação de resíduos orgânicos, deposição de dejetos em pastagens, deposição atmosférica e lixiviação). As categorias animais avaliadas são aquelas utilizadas para fins produtivos e recomendados pelo IPCC: bovinos (corte e leite), suínos, ovinos, caprinos, aves, asininos, muares, equinos e bubalinos.

Na agricultura foram avaliados os subsetores de cultivo de arroz irrigado, queima de resíduos agrícolas, solos manejados (fertilizantes sintéticos, resíduos agrícolas, deposição atmosférica e lixiviação). As culturas avaliadas de forma distinta foram arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca,

milho, soja e trigo e as demais incluídas na categoria outras.

O cálculo das estimativas de emissões/remoções associadas às mudanças de uso da terra utilizou os dados das transições anuais de uso da terra e florestas observadas na série temporal do projeto MapBiomass para os anos 2017 e 2018, baseado em imagens Landsat, processamento em nuvem e classificadores automatizados na plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil desde 1985.

Além do MapBiomass, o estudo baseou-se nos métodos e fatores publicados no terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de GEE (Brasil, 2016), associado à proposta metodológica do IPCC (2003; 2006). As estimativas das emissões de queima de resíduos florestais foram calculadas de acordo com a área de desmatamento e com a aplicação dos fatores de cálculo segundo o terceiro inventário nacional (Brasil, 2016). Para a classe de uso pastagem, o SEEG (2021) considera como constante o incremento anual de áreas de pastagem em todos os biomas.

Os valores dos GEE são apresentados em CO₂e para os anos de 2017 e 2018 na análise estadual, e para o ano de 2018 na análise a nível de municípios. Todas as bases de dados e cálculos foram efetuadas por meio do software Microsoft Excel e ArcGis 10.6.

3. Resultados e discussão

O setor agropecuário catarinense corresponde a cerca de 36% das estimativas totais de emissões de GEE do estado (SEEG, 2021), com um total de 13.700.109 t CO₂e, no qual 55% das emissões estão relacionadas a fermentação entérica, seguido pelo manejo dos solos e dos dejetos animais que contribuem com 23,54% e 17,75%, respectivamente, das emissões do setor (Tabela 1).

Tabela 1

Emissões de CO₂e (t) do setor agropecuário para o estado de SC com base no ano de 2018

SUBSETOR	CO ₂ e (t)	%
Cultivo de arroz	445.678	3,25
Fermentação entérica	7.595.767	55,44
Manejo de dejetos animais	2.431.225	17,75
Queima de resíduos agrícolas	2.472	0,02
Solos manejados	3.224.968	23,54
Total geral	13.700.109	100,00

Fonte: SEEG (2021).

Pecuária

A importância do setor pecuário na economia catarinense é reflexo do seu grande plantel instalado de suínos, aves e bovinos, que incide nos valores observados de emissão de GEE no estado de Santa Catarina. Assim, a pecuária do estado corresponde a mais de 30% das estimativas totais de emissão de GEE (SEEG, 2021). A fermentação entérica é a principal fonte de emissão de metano, que é originada nos processos digestivos, que ocorrem no estômago (rúmen) do animal e expulso por eructação, com maiores valores de emissão de GEE no estado observados no plantel de gado de corte seguido pelo gado leiteiro. Os demais ruminantes como búfalos, cabras e ovelhas são pouco representativos nas emissões de GEE (Tabela 2).

Outra importante fonte de emissão é o manejo dos dejetos animais e nesse subsetor a maior fonte emissora está relacionada com a suinocultura (Tabela 2). Nessa atividade, o manejo adotado na maioria das granjas suínocolas consiste no armazenamento dos dejetos em esterqueiras para estabilização parcial (favorecendo a condição de anaerobiose), seguido da aplicação no solo para fertilização de lavouras e pastagens (Lima et al., 2001). Quando armazenados, os dejetos suínos emitem principalmente o CH₄ e a amônia (NH₃) (Belli Filho et al., 2007) e a sua aplicação ao solo resulta em incremento na emissão de N₂O, porém o acúmulo de carbono no solo pode compensar esse aumento de emissão de óxido nitroso (Pilleco et al., 2020).

O manejo dos solos agrícolas corresponde a 23,54% das emissões da agropecuária catarinense (Tabela 1), com destaque para a deposição de dejetos em pastagens (Tabela 2). O aumento das adições de fertilizantes nitrogenados sintéticos aos solos agrícolas tem sido indicado como principal responsável pelas crescentes emissões de N₂O na atmosfera, cuja emissão pode ocorrer de forma direta ou indireta (Brasil, 2020). O cultivo de arroz irrigado por inundação representa, em âmbito global, uma das principais fontes antrópicas de metano (Brasil, 2020) e 3,25% no setor agropecuário catarinense do total (Tabela 1). Os sistemas de cultivos praticados no estado de Santa Catarina, a exemplo do sistema de plantio direto que faz uso de plantas de coberturas e manutenção da palhada sobre o solo, fazem com que o processo de queima de biomassa na agricultura seja pouco representativo na emissão dos GEE, correspondendo a apenas 0,02% do total de emissões de GEE (Tabela 1).

No subsetor de solos manejados, os maiores valores são observados na deposição de dejetos em pastagens, com destaque para a maior contribuição do rebanho de gado de corte seguido pelo gado de leite (Tabela 2). As dejeções de bovinos mantidas em pastagens são responsáveis por 39,4% das emissões antrópicas de óxido nítrico no Brasil (Oliveira et al., 2011), sendo que as perdas de N pela urina são maiores do que pelas fezes (Ferreira et al., 2004; Sordi et al., 2014).

A aplicação de resíduos orgânicos, deposição atmosférica e lixiviação também são fontes de emissão observados na pecuária (Brasil, 2020). A avicultura apesar de sua grande importância na economia catarinense, representa cerca de

2,72% das estimativas de emissões catarinenses (Tabela 2).

Na Figura 1 está representada a distribuição das emissões de GEE na pecuária nos municípios catarinenses, onde se observa menores valores para a faixa litorânea e maiores valores para as regiões oeste e meio oeste.

Estas maiores emissões de GEE na regiões oeste, meio oeste, serrana e sul do estado de Santa Catarina são devidas as maiores criações e produções dos rebanhos bovinos, suínos e aves existentes nessas localidades. Os menores valores para o setor agropecuário estão relacionados com os municípios litorâneos, por exemplo, Balneário Camboriú, SC, onde a produção de animais é inexpressiva.

Tabela 2

Emissões de CO₂e (t) do setor pecuário para o estado de SC com base no ano de 2018 por categorias animais

Rebanho animal	Fermentação entérica	Manejo de dejetos animais		Solos manejados			Total	
		Direta	Indireta	Aplicação dos resíduos orgânicos	Deposição dos dejetos em pastagem	Deposição Atmosférica		Lixiviação
Asininos	332	30	-	-	108	22	25	517
Aves	-	99.118	83.370	94.090	-	18.818	22.138	317.534
Bubalinos	16.595	302	-	-	3.983	398	470	21.748
Caprinos	4.672	159	-	-	1.598	320	377	7.126
Equinos	53.146	4.842	-	-	17.547	3.509	4.138	83.182
Gado de Corte	5.242.097	111.104	4.148	4.787	626.961	84.552	99.695	6.173.344
Gado de Leite	2.017.881	323.823	34.423	54.075	261.603	45.695	53.851	2.791.351
Muare	477	43	-	-	155	31	37	743
Ovinos	37.328	1.120	-	-	6.697	1.339	1.579	48.063
Suínos	223.239	1.649.837	118.906	149.099	10.678	30.888	36.340	2.218.987
Total	7.595.767	2.190.378	240.847	302.051	929.330	185.572	218.650	11.662.595

Fonte: Elaborado pelos autores baseados em SEEG (2021).

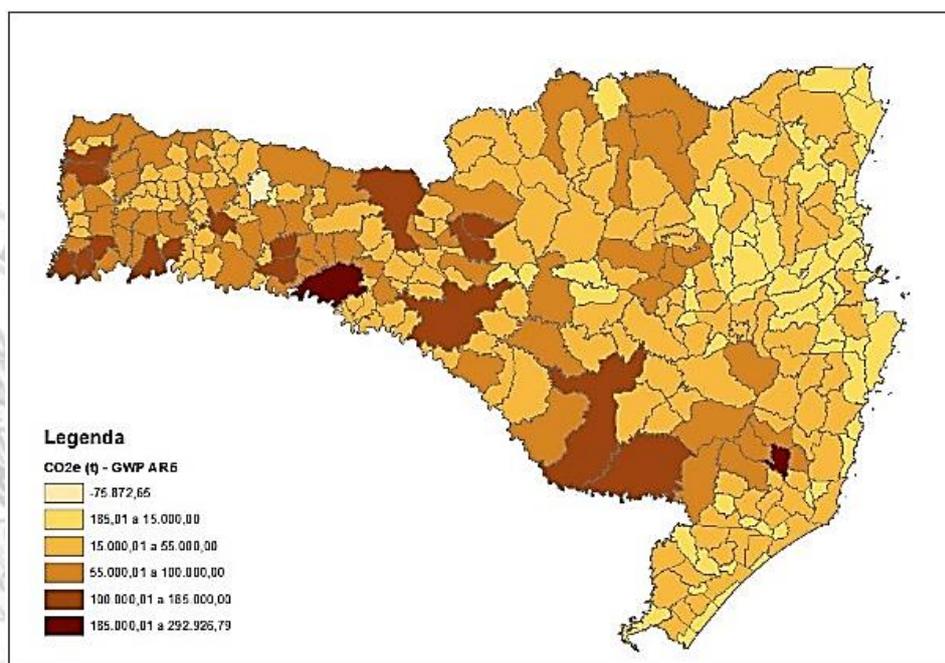


Figura 1. Mapa da estimativa das emissões de CO₂e do setor pecuário por município do estado de Santa Catarina.

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em SEEG (2021).

O ranking dos municípios catarinenses com maiores estimativas de emissão de CO₂e (t) do setor pecuário são apresentados na Tabela 3. O município de Concórdia apresenta-se como maior emissor catarinense com um total de 292.927 t de CO₂e, seguido pelos municípios de Braço do Norte, Palmitos, Seara, Campos Novos, Itapiranga, Lages, Videira, Água Doce e Guaraciaba. Na fermentação entérica em bovinos de corte, os maiores valores são observados no município de Lages e corresponde a 75% das emissões do município. Para o rebanho de gado de leite, os maiores valores são observados em Concórdia seguido de Braço do Norte. Apesar do processo de fermentação entérica ser reduzida nos suínos, a atividade representa cerca de 5% das emissões do município de Videira, Seara e Braço do Norte (Tabela 3).

Em relação ao manejo dos dejetos animais, os maiores valores foram observados no município de Concórdia com a suinocultura, com valores elevados também nos municípios de Braço do Norte, Videira e Seara (Tabela 4).

Nos solos manejados, Concórdia apresentou valores elevados tanto para o gado de corte, como de leite e suínos. Porém, individualmente Lages apresentou os maiores valores para o gado de corte (Tabela 4). Nos municípios que tem grandes produções de animais, grande parte dos dejetos gerados são usados como fonte de nutrientes para as culturas (solos manejados) ou para pastagem (Tabela 2), e isso proporciona alta emissão de GEE, com destaque para Concórdia (Tabela 3 e 4).

Agricultura

Os valores avaliados da agricultura são bem menores quando comparados aos da pecuária, com destaque para o subsetor de solos manejados em que a aplicação de fertilizantes sintéticos, como ureia e calcário são responsáveis por 44% das emissões do setor da agricultura (Tabela 5), assim como o cultivo do arroz que possui papel significativo nos municípios em que ocorre a produção de arroz irrigado e a emissão do metano.

Tabela 3

Ranking dos municípios catarinenses com maiores estimativas de emissão de CO₂e (t) do setor pecuário para o ano de 2018 e valores de emissão por fermentação entérica para gado de corte e de leite e suínos

Posição	Municípios maiores emissores de CO ₂ e (t) na pecuária de SC		Fermentação entérica					
			Gado de corte		Gado de leite		Suínos	
	Município	Valor	Valor	%	Valor	%	Valor	%
1	Concórdia	292.927	83.493	28,50	51.958	17,74	11.412	3,90
2	Braço do Norte	188.027	47.970	25,51	47.970	25,51	8.484	4,51
3	Palmitos	166.847	66.555	39,89	32.527	19,50	3.867	2,32
4	Seara	153.587	34.068	22,18	25.760	16,77	7.202	4,69
5	Campos Novos	153.082	74.083	48,39	17.388	11,36	3.518	2,30
6	Itapiranga	152.651	42.519	27,85	35.600	23,32	4.825	3,16
7	Lages	149.545	111.863	74,80	7.599	5,08	65	0,04
8	Videira	146.653	34.605	23,60	11.540	7,87	8.120	5,54
9	Água Doce	142.920	70.030	49,00	19.320	13,52	2.733	1,91
10	Guaraciaba	131.905	51.094	38,74	35.518	26,93	2.017	1,53

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em SEEG (2021).

Tabela 4

Ranking dos municípios catarinenses com maiores estimativas de emissão de CO₂e (t) do setor pecuário para o ano de 2018, para o manejo de dejetos animais e solos manejados para as categorias de gado de corte e de leite, suínos e aves

Posição	Municípios maiores emissores de CO ₂ e (t) na pecuária de SC	Manejo de dejetos animais				Solos manejados			
		Gado de corte	Gado de leite	Suínos	Aves	Gado de corte	Gado de leite	Suínos	Aves
1	Concórdia	1.785	9.224	91.163	4.398	13.059	10.692	10.772	3.267
2	Braço do Norte	1.018	5.842	67.018	636	7.513	6.772	8.852	471
3	Palmitos	1.446	5.775	30.404	2.493	10.382	6.693	4.193	1.855
4	Seara	717	4.573	56.881	2.800	5.343	5.301	7.528	2.082
5	Campos Novos	1.657	3.087	27.128	2.679	11.497	3.578	4.412	1.989
6	Itapiranga	885	6.320	38.633	2.926	6.680	7.326	4.455	2.173
7	Lages	2.550	1.349	503	115	17.301	1.564	78	85
8	Videira	765	2.049	64.051	4.650	5.381	2.375	8.575	3.455
9	Água Doce	1.559	3.430	21.730	2.268	10.877	3.976	2.692	1.688
10	Guaraciaba	1.083	6.306	15.749	1.112	8.004	7.309	2.311	827

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em SEEG (2021).

As culturas relacionadas com a maior emissão por resíduos agrícolas estão a soja e o milho. São observados valores relacionados a emissões indiretas como a deposição atmosférica por meio dos fertilizantes químicos, através de processos como a volatilização e pela lixiviação (Tabela 5).

Tabela 5

Emissões de CO₂e (t) do setor da agricultura para o estado de SC com base no ano de 2018 em t CO₂e

Subsetor	Valor
Cultivo de Arroz	445.678
Queima de Resíduos Agrícolas	2.472
Solos Manejados	1.589.364
Fertilizantes Sintéticos	451.333
Outros	438.621
Aplicação de Ureia	121.178
Uso de Calcário	317.444
Resíduos Agrícolas	441.095
Arroz	49.736
Cana-de-açúcar	958
Feijão	13.611
Mandioca	3.850
Milho	137.922
Outras culturas	50.790
Soja	178.348
Trigo	5.879
Deposição Atmosférica	115.668
Fertilizantes Sintéticos	115.668
Lixiviação	142.647
Fertilizantes Sintéticos	42.525
Arroz	11.291
Cana-de-açúcar	217
Feijão	3.090
Mandioca	874
Milho	31.311
Outras culturas	11.514
Soja	40.489
Trigo	1.335
Total geral	2.037.514

Fonte: SEEG (2021).

Uso da terra e florestas

Os resultados mostram que houve uma grande redução nas estimativas de emissão de GEE no estado de Santa Catarina relacionada a mudança de uso da terra e florestas do ano de 2017 para o ano 2018, passando de 3.735.760 para 132.789 t CO₂e (Tabela 6). Os principais responsáveis por essa redução estão a diminuição do desmatamento em áreas não protegidas, especialmente na conversão de floresta primária em uso agropecuário e silvicultura (Tabela 6). Mesmo com o código florestal vigente, ainda se observa o desmatamento no estado, inclusive em área protegidas. O somatório das remoções por mudanças no uso das terras, vegetação secundária e áreas protegidas observadas entre os períodos avaliados demonstram um certo equilíbrio nas taxas, com pequeno incremento no ano de 2018 passando de -6.438.355 para -6.455.822 t CO₂e (Tabela 6).

As emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) resultante da queima de resíduos florestais, associados ao carbono emitido pela queima de lenha e madeira extraída, bem como ao carbono vegetal produzido, também tiveram uma redução nas emissões no comparativo dos anos, passando de 540.323 em 2017 para 426.917 t CO₂e em 2018 (Tabela 6).

Na Figura 2 é apresentado o mapa do estado de Santa Catarina com as estimativas para os municípios de Santa Catarina relacionadas as emissões e remoções da mudança de uso da terra e florestas, o que demonstra um grande número de municípios que no balanço total conseguiram maior remoção em relação as emissões de GEE.

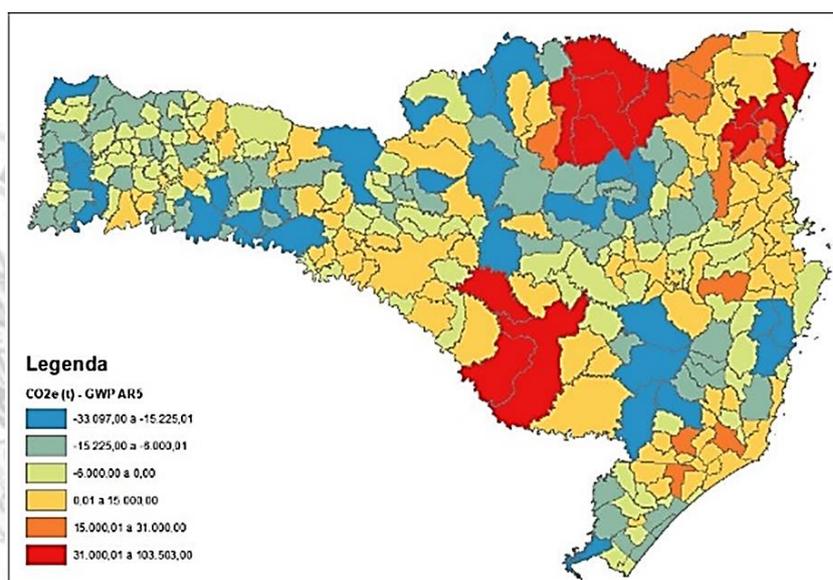


Figura 2. Mapa da estimativa das emissões de CO₂e relacionado ao uso da terra e florestas por município do estado de Santa Catarina. Fonte: Elaborado pelos autores baseado em SEEG (2021).

Tabela 6

Estimativas de emissões/remoções de GEE em t CO₂e para o estado de Santa Catarina nos anos de 2017 e 2018 relacionada as mudanças de uso da terra e florestas

Categorias de emissões/remoções de GEE	2017	2018
	t CO ₂ e	
Alterações de Uso do Solo	9.633.792	6.161.694
Em Área Protegida	175.297	112.150
Desmatamento	168.075	108.129
Floresta primária -- Área sem vegetação	77	2.027
Floresta primária -- Silvicultura	44.120	522
Floresta primária -- Uso agropecuário	96.624	79.173
Floresta secundária -- Área sem vegetação	132	1.937
Floresta secundária -- Silvicultura	3.826	159
Floresta secundária -- Uso agropecuário	22.743	24.117
Vegetação não florestal primária -- Silvicultura	144	134
Vegetação não florestal primária -- Uso agropecuário	406	58
Vegetação não florestal secundária -- Uso agropecuário	3	2
Outras Mudanças de uso da terra	7.222	4.021
Fora de Área Protegida	9.458.495	6.049.544
Desmatamento	8.548.030	5.534.661
Floresta primária -- Área sem vegetação	53.508	347.141
Floresta primária -- Silvicultura	1.392.307	58.620
Floresta primária -- Uso agropecuário	5.664.337	4.202.253
Floresta secundária -- Área sem vegetação	5.337	18.205
Floresta secundária -- Silvicultura	204.930	15.955
Floresta secundária -- Uso agropecuário	1.084.576	763.842
Vegetação não florestal primária -- Área sem vegetação	1.152	3.306
Vegetação não florestal primária -- Silvicultura	15.909	1.278
Vegetação não florestal primária -- Uso agropecuário	124.266	122.857
Vegetação não florestal secundária -- Área sem vegetação	59	136
Vegetação não florestal secundária -- Uso agropecuário	1.649	1.068
Outras Mudanças de uso da terra	910.465	514.883
Resíduos Florestais	540.323	426.917
Remoção por Mudança de Uso da Terra	-108.953	-79.678
Remoção por Vegetação Secundária	-5.913.045	-5.958.664
Remoção em Áreas Protegidas	-416.357	-417.480
Total Geral	3.735.760	132.789

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em [SEEG \(2021\)](#).

Quando se analisa apenas os dados da emissão de CO₂e relacionados as mudanças de uso da terra, no ranking dos 10 municípios catarinenses que apresentam maiores valores ([Tabela 7](#)), a maioria encontra-se na mesorregião norte do estado, são eles: Rio Negrinho, Itaiópolis, São Francisco do Sul, Mafra, Araquari, Santa Terezinha, Papanduva e Joinville. Além deles completam a lista Santa Cecília e São José do Cerrito, localizados na mesorregião serrana.

Em contrapartida quando se analisa apenas os municípios que apresentam as maiores remoções de GEE, existe uma maior distribuição entre as mesorregiões do estado, com maiores valores observados no município de Santa Cecília, devido a extensa área de vegetação de floresta secundária presente no município.

Quando se avalia o balanço com a diferença obtida entre a emissão/remoção nos municípios, novamente entre os 10 municípios que apresentaram os maiores valores de emissão ([Tabela 8](#)), a maior parte deles se localizam na mesorregião norte do estado, Rio Negrinho, São Francisco do Sul, Itaiópolis, Araquari, Santa

Terezinha, Papanduva e Barra Velha, além de Lages e São José do Cerrito localizados na mesorregião serrana e Massaranduba no Vale do Itajaí. Já os 10 municípios catarinenses que apresentaram no balanço total as maiores remoções municipais está o município de Chapecó, seguido de Paulo Lopes, Seara, Canoinhas e Urubici ([Tabela 8](#)).

De maneira geral, uma parte significativa dos GEE produzidos com o manejo das terras para fins de produção de alimentos vem da pecuária. E um balanço mais preciso dessas emissões de GEE deve incluir a avaliação do carbono estocado em diferentes sistemas de sistemas de uso das terras para produção de fibras e grãos ([Seó et al., 2017](#)). Em Santa Catarina, dentre os sistemas de produção de grãos, destaca-se o sistema plantio direto (SPD), o qual têm elevada capacidade de aumentar e armazenar o carbono orgânico do solo (COS). E também se destaca em SC o sistema de manejo da pastagem conhecido como pastoreio racional voisin (PRV), o qual permite também o acúmulo de COS através do sistema radicular das forrageiras ([Seó et al., 2017](#); [Battisti et al., 2018](#)).

Tabela 7

Ranking dos municípios catarinenses como maiores emissões e remoções de GEE em t CO₂e para o ano de 2018 relacionada as mudanças de uso da terra e florestas

Posição	Municípios com maiores emissões de CO ₂ e (t)		Municípios com maiores remoções de CO ₂ e (t)	
	Município	Valor	Município	Valor
1	Rio Negrinho	151.687	Santa Cecília	-108.829
2	Itaiópolis	138.007	Porto União	-94.421
3	São Francisco do Sul	126.443	Concórdia	-88.254
4	Mafra	119.302	Caçador	-87.186
5	Araquari	116.250	Joinville	-83.963
6	Santa Terezinha	105.728	Lebon Regis	-82.941
7	Santa Cecília	101.164	Bom Retiro	-78.437
8	Papanduva	100.988	Canoinhas	-76.474
9	Joinville	94.904	Água Doce	-72.059
10	São José do Cerrito	92.159	Mafra	-71.155

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em [SEEG \(2021\)](#).

Tabela 8

Ranking dos municípios catarinenses como maiores e menores balanços entre emissões/remoções de GEE em t CO₂e para o ano de 2018 relacionada as mudanças de uso da terra e florestas

Posição	Municípios maiores emissores de CO ₂ e (t)		Municípios menores emissores de CO ₂ e (t)	
	Município	Valor	Município	Valor
1	São Francisco do Sul	103.503	Chapecó	-33.097
2	Rio Negrinho	91.883	Paulo Lopes	-32.345
3	Itaiópolis	78.674	Seara	-30.356
4	Araquari	77.282	Canoinhas	-27.400
5	Santa Terezinha	66.714	Urubici	-27.133
6	Lages	61.925	Dionísio Cerqueira	-26.413
7	São José do Cerrito	57.462	Curitibanos	-25.258
8	Massaranduba	56.510	Taió	-24.940
9	Papanduva	55.644	Vitor Meireles	-24.645
10	Barra Velha	54.803	Bom Jardim da Serra	-23.393

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em [SEEG \(2021\)](#).

Em estudo desenvolvido em fazendas leiteiras do meio oeste de SC, com o objetivo de avaliar os estoques de COS em pastagem manejada em PRV e comparar esses estoques com áreas manejadas em SPD, [Seó et al. \(2017\)](#) coletaram amostras de solo (0-40 cm), assim como de parte área e sistema radicular para avaliação e comparação em duas safras durante um período de 1 ano, sendo isso apenas no PRV. Os autores também estimaram a eficiência da produção de leite a base de pasto no PRV e a base de grãos no SPD. Os resultados de [Seó et al. \(2017\)](#) indicaram que o PRV tem maior capacidade de estocar COS que o SPD, sendo observados valores de 115,0 Mg C ha⁻¹ no PRV e 92,5 Mg C ha⁻¹ no SPD, com maiores diferenças na camada superficial do solo (0-10 cm), sendo de 41 Mg C há⁻¹ no PRV e 32 Mg C ha⁻¹ no SPD. Em relação a compartimentalização do carbono, [Seó et al. \(2017\)](#) verificaram que no PRV, 95% do C estava no solo, 1% na parte aérea das plantas e 4% nas raízes. Na pastagem foram produzidos 0,15 kg de leite por kg de C estocado, enquanto no SPD, 0,13 kg de leite por kg de C estocado. Dessa forma,

conforme o estudo de [Seó et al. \(2017\)](#) demonstrou, o solo manejado em PRV tem maior potencial de estocar C em comparação ao solo no SPD, além de isso refletir em maior produção de leite. Esse estudo evidencia que as comparações de GEE que envolve, principalmente a pecuária, devem realizar a quantificação dos diferentes compartimentos do carbono e comparar com os diferentes sistemas de uso do solo.

4. Conclusões

Os dados sobre emissões das atividades agropecuárias permitem identificar os subsetores que apresentam as maiores emissões, contribuindo desta forma para um direcionamento na elaboração de políticas públicas orientadas para a mitigação da emissão desses gases.

Devido à complexidade e diversidade de condições particulares em sistemas agropecuários, um volume maior de estudos é necessário para melhor compreensão da dinâmica de emissões e remoções de GEE nas diferentes atividades, bem como as complexas interações observadas entre estas.

A pecuária contribui com 21,3% das emissões de GEE do estado, representando um total de 66,3% das emissões do setor agropecuário. É, portanto, fundamental que ocorra substancial melhoria na eficiência de produção de carne, com produção baseada em boas práticas pecuárias, contribuindo para a diminuição das emissões do setor.

A mudança de uso da terra contribui para a emissão de GEE no estado de Santa Catarina especialmente na conversão de floresta primária em uso agropecuário e silvicultura, tendo o setor sido responsável por 14,3% das emissões brutas do estado no ano de 2018, e contribuído positivamente para o balanço, emitindo mais CO₂ do que absorvendo quando considerado o balanço. O setor tem potencial de tornar-se uma fonte significativa de remoções de CO₂, uma vez que apresenta hoje valores de emissão e remoção de ordem de grandeza compatíveis, entretanto, necessita de planejamento e incentivos nesse sentido para que se materialize, através de iniciativas voltadas à recuperação de áreas degradadas e reflorestamento.

Referências bibliográficas

- Battisti, L. F. Z., Schmitt Filho, A. L., Loss, A., & Almeida Sinisgalli, P. A. (2018). Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. *Acta Agronomica*, 67, 486-493.
- Belli Filho, P., Silva, G. P., Santo, C. L., Lisboa, H. M., & Carmo, G. N. J. (2007). Avaliação de impactos de odores em bacias hidrográficas com produções de suínos. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 12, 252-258.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. (2016). Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 44p.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. (2021). Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: Setor agropecuária. Brasília, 16p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). Coletânea dos fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa. Gallardo, J. G. G. Org. Brasília: MAPA/SENAR. 148p.
- Epagri/Cepa. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2019-2020. v.1. Florianópolis: Epagri/Cepa. 2021. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/Sintese_2019_20.pdf
- Ferreira, E., Rocha, G. C., Braz, S. P., Soares, J. C., & Andrade, F. A. A. (2004) Modelos estatísticos para o estudo da distribuição de excretas de bovinos em pastagens tropicais e sua importância na sustentabilidade desses sistemas. *Livestock Research for Rural Development*, 16, ferr16066.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Fourth Assessment Report on climate change impacts, adaptation and vulnerability of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University, 939p.
- Lal, R. (2006). Soil carbon sequestration in Latin America. In: Lal, R., Cerri, C. C., Bernoux, M., Etchevers, J., & Cerri, C. E. P. Carbon sequestration in soils of Latin America. New York: The Haworth Press. 554pp.
- Lima, M. A., Boeira, R. C., Castro, V. L. S. S., Ligo, M. A. V., Cabral, O. M. R., Vieira, R. F., & Luiz, A. J. B. (2001). Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: Lima, M. A., Cabral, O. M. R., Gonzalez Miguez, J. D. (Ed.). Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p.169-189.
- Machado, F. S. (2011). Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 92p.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., & Zhang, H. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change. 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Oliveira, P. P. A. (2011). Emissão de gases nas atividades pecuárias. In: simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p 69-76.
- Pilecco, G. E., Chantigny, M. H., Weiler, D. A., Aita, C., Thivierge, M.-N., Schmatz, R., Chaves, B., & Giacomini, S. J. (2020). Greenhouse gas emissions and global warming potential from biofuel cropping systems fertilized with mineral and organic nitrogen sources. *Science Of The Total Environment*, 729, 138767.
- SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2021). Observatório do Clima. v.8. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>.
- Seó, H.L.S, Machado Filho, L.C.P., & Brugnara, D. (2017). Rationally Managed Pastures Stock More Carbon than No-Tillage Fields. *Front. Environ. Sci.* 5, 00087.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S. M., Moraes, J. C., & Albrecht, A. (2002). Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22, 755-775.
- Sordi, A., Dieckow, J., Bayer, C., Alburquerque, M. A., Piva, J. T., Zanatta, J. A., Tomazi, M., Da Rosa, C.M., & De Moraes, A. (2014). Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 94-103.
- SOS Mata Atlântica. Relatório anual 2019. 56p. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Relat%C3%B3rio-Anual-2019-SOS-Mata-Atl%C3%A2ntica.pdf>
- Tian, H., Xu, R., & Canadell, J. G. (2020). A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature*, 586, 248–256.