

AGROPECUÁRIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO RIO GRANDE DO SUL: DIAGNÓSTICO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E AÇÕES ESTRATÉGICAS REGIONAIS

1 INTRODUÇÃO

A intensificação das mudanças climáticas representa um dos maiores desafios contemporâneos, com impactos severos sobre ecossistemas, economias e populações humanas (YUAN et al., 2024). No Brasil, os efeitos já são perceptíveis em diferentes regiões, com o aumento de eventos extremos como secas, enchentes e incêndios. Esses fenômenos afetam especialmente setores estratégicos como a agropecuária, altamente dependente das condições climáticas e essencial para a segurança alimentar nacional (DE OLIVEIRA ABUD, DE SOUZA E DE SOUZA, 2023).

No Rio Grande do Sul (RS), os impactos das mudanças climáticas têm sido particularmente graves e, o estado, fortemente dependente da agropecuária, enfrenta ciclos recorrentes de estiagens e enchentes que comprometem a produção agrícola, geram prejuízos socioeconômicos e acentuam a vulnerabilidade das populações rurais. As enchentes de abril e maio de 2024, consideradas o maior desastre natural da história do estado, evidenciam a urgência de ações concretas de mitigação e adaptação climática (DEFESA CIVIL, 2024).

Ressalta-se ainda que, a agropecuária ocupa uma posição ambígua no contexto das mudanças climáticas, pois é simultaneamente um setor altamente vulnerável aos impactos dos eventos extremos e uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa (GEE), como CO₂, CH₄ e N₂O. Tais emissões figuram entre os principais vetores das mudanças climáticas globais, intensificando seus efeitos e retroalimentando os riscos para a própria atividade agropecuária (HU et al., 2019).

Dada a centralidade econômica do setor agropecuário no RS e sua exposição crescente a secas, enchentes e outros eventos extremos, compreender o papel das emissões torna-se essencial para subsidiar políticas públicas eficazes de mitigação e adaptação. Assim, objetivou-se neste estudo, analisar as emissões agropecuárias de gases de efeito estufa (GEE) no Rio Grande do Sul entre 1990 e 2023, com ênfase na distribuição regional entre os 28 COREDES no período de 2020 a 2023, a partir da compilação e análise das emissões agropecuárias dos 497 municípios do estado. Também, integrou-se à investigação uma análise cruzada entre os dados de emissões por COREDE e o conteúdo dos Planos Estratégicos de Desenvolvimento (PEDs) 2022–2030, visando verificar o alinhamento entre as regiões com maiores níveis de emissão e a presença de ações estratégicas voltadas à agenda climática.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa quantitativa, de natureza descritiva, com análise estatística aplicada a dados secundários (GUEDES et al., 2005). Os dados de emissão de GEE no setor agropecuário foram obtidos a partir do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). As estimativas foram expressas em toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2e}), conforme o GWP do IPCC. A análise foi organizada em duas etapas principais: (i) a análise estadual da evolução temporal das emissões agropecuárias de gases de efeito estufa (GEE) entre 1990 e 2023; (ii) a análise da distribuição espacial das emissões entre os 28 Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs), no período recente de 2020 a 2023.

O tratamento inicial dos dados foi realizado no software *Microsoft Excel*® (versão 2016), enquanto as análises estatísticas foram conduzidas no *SPSS*® (Statistical Package for the Social Sciences, versão 22.0). Foram aplicadas técnicas de estatística descritiva, média, desvio padrão, erro padrão, valores mínimos e máximos, com o intuito de caracterizar o comportamento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário ao longo do período analisado. Na análise inferencial, a normalidade dos dados foi verificada pelos testes

de Kolmogorov–Smirnov e Shapiro–Wilk. Ainda que alguns conjuntos de dados não atendessem plenamente ao pressuposto de normalidade, optou-se pela aplicação da Análise de Variância (ANOVA), considerando-se a robustez desse teste para grandes amostras, conforme o Teorema Central do Limite. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$), definido pela comparação entre o valor-p e esse limiar. Na etapa seguinte, realizou-se análise documental dos Planos Estratégicos de Desenvolvimento Regional (PEDs), dos 28 COREDEs e de políticas públicas estaduais pertinentes, obtidas em portais oficiais do Governo do Estado.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE ESTADUAL (1990-2023)

De acordo com o ranking nacional de emissões do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o estado do Rio Grande do Sul ocupa a 11ª posição entre as unidades federativas que mais emitem gases de efeito estufa (GEE) no país. Nesse sentido, foram realizadas análises estatísticas descritivas com o objetivo de caracterizar a evolução temporal das emissões totais e setoriais de GEE no estado entre os anos de 1990 e 2023.

Os setores considerados incluem Agropecuária, Mudança de Uso da Terra e Florestas (MUT), Energia, Processos Industriais, Resíduos. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas de emissões agropecuárias por período no RS (1990–2023)

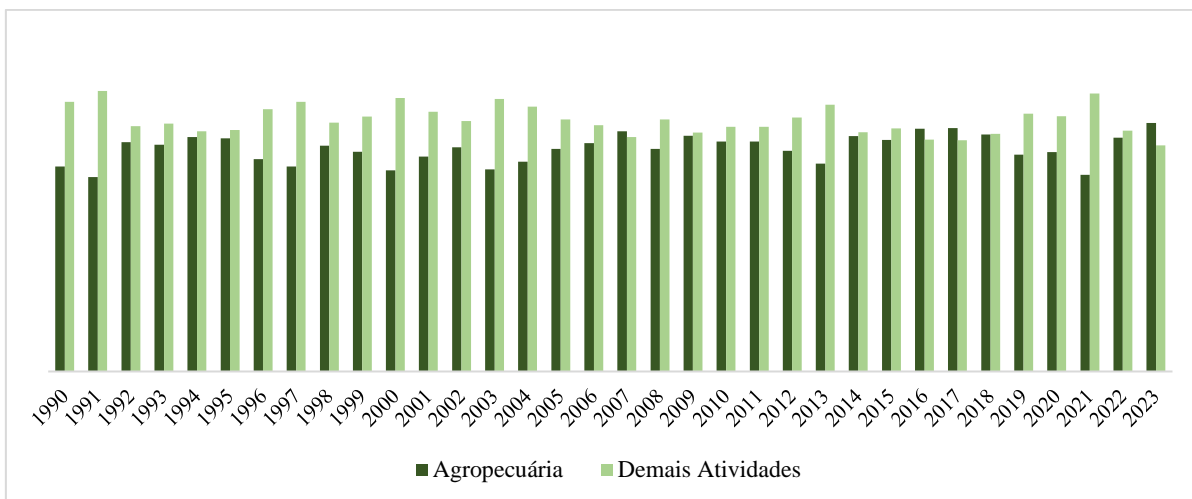
Período	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo
1990–1999	10	45.268.367,60	23.541.843,98	7.444.548,34	4.226.431,30	96.942.179,40
2000–2009	10	36.933.865,60	14.622.586,50	4.625.319,63	4.225.663,30	73.334.201,20
2010–2019	10	50.741.028,10	15.986.842,43	5.055.249,42	4.705.085,20	81.604.105,60
2020–2023	4	44.368.308,25	10.121.158,96	5.105.797,48	4.899.832,80	71.477.915,30
Total	34	47.219.205,94	27.600.903,10	4.734.907,90	4.226.431,30	96.942.179,40

Fonte: elaborado pelos autores.

A média anual das emissões do setor agropecuário no estado foi de aproximadamente 47,2 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), com variações significativas entre as décadas. A análise de variância (ANOVA) confirmou diferenças estatisticamente significativas entre os períodos analisados ($p < 0,001$), evidenciando que a dinâmica temporal das emissões agropecuárias no estado não é homogênea e sofreu oscilações relevantes nas últimas três décadas, refletindo mudanças conjunturais no setor, como crises climáticas, flutuações de mercado e alterações na dinâmica produtiva.

Observou-se um decréscimo nas emissões médias durante os anos 2000, seguido de um aumento significativo na década de 2010. A leve redução no período mais recente (2020–2023) se explica por abranger apenas quatro anos, as médias se mantiveram elevadas, sugerindo uma possível tendência de estabilidade ou até de crescimento, caso o padrão persista nos anos seguintes. No que se refere à participação relativa da agropecuária nas emissões totais de GEE do estado em relação a outras categorias emissoras, os resultados indicam estabilidade ao longo do período, com uma média de 46,98% entre 1990 e 2023. A figura 2 ilustra as médias.

Figura 2 - Participação do setor agropecuário nas emissões totais de GEE do RS (%)



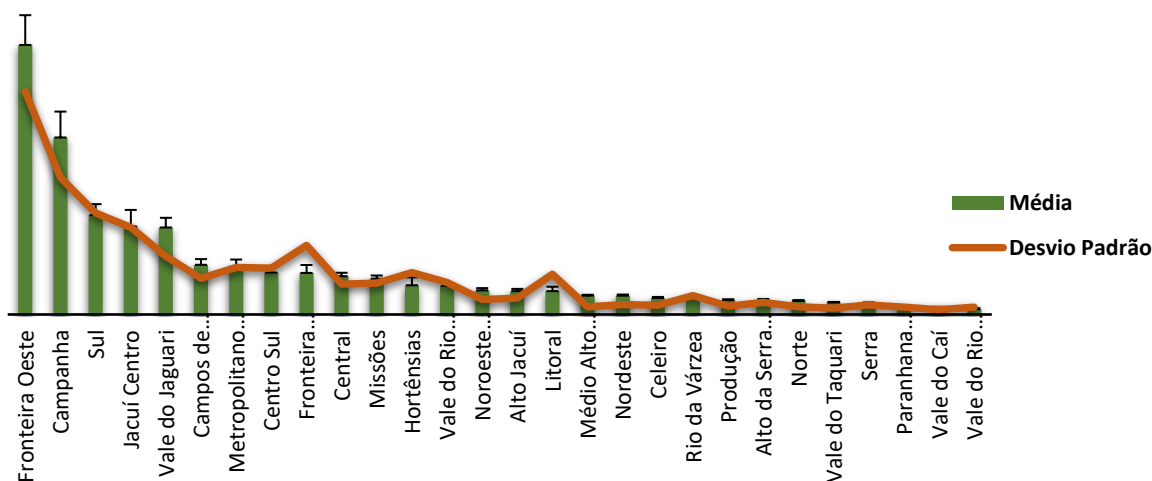
Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

Apesar das variações absolutas, a agropecuária manteve-se como um dos principais emissores, com leve crescimento percentual em alguns anos (1994, 2007, 2014, 2023). Essa representatividade constante reforça a necessidade de políticas públicas específicas voltadas à mitigação das emissões agropecuárias no RS.

3.2 ANÁLISE REGIONAL (2020-2023)

Os Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs) são instâncias colegiadas que promovem a articulação e a integração de políticas públicas em âmbito regional no Rio Grande do Sul, dividindo o estado em 28 regiões administrativas com características socioeconômicas e ambientais específicas (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2025). Para a análise da distribuição espacial das emissões agropecuárias de GEE, as informações obtidas para os 497 municípios gaúchos foram agregadas nas 28 regiões dos COREDEs, possibilitando a identificação das médias anuais das emissões no período de 2020 a 2023. A Figura 3 apresenta a análise estatística descritiva em formato gráfico, mostrando as médias, desvios padrão e erros padrão das emissões agropecuárias de GEE por COREDE entre 2020 e 2023.

Figura 3 - Análise descritiva das emissões agropecuárias de GEE por COREDE



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

O gráfico revela uma significativa heterogeneidade regional nas emissões, com a região da Fronteira Oeste destacando-se com a maior média de emissão, atingindo aproximadamente 688.741 tCO_{2e}, seguida pelos COREDE's Campanha e Sul. A elevada média observada nessas regiões pode estar associada à forte presença da pecuária extensiva e à predominância de áreas de pastagem, evidenciando a correlação entre o uso do solo e os níveis de emissão. Esses resultados corroboram os achados de Costa dos Santos et al. (2022), que identificam a agropecuária como o principal setor emissor de GEE no Rio Grande do Sul, destacando as emissões de metano provenientes da fermentação entérica de ruminantes, além de áreas de cultivo de arroz.

Em contraste, os COREDE's Vale do Rio dos Sinos, Vale do Caí e Serra do Nordeste apresentaram as menores médias de emissões, refletindo possivelmente o maior grau de urbanização, menor participação da agropecuária e uso de práticas produtivas menos emissoras. Além das diferenças entre regiões, os elevados desvios padrão observados, especialmente nos COREDE's com maiores médias de emissão, indicam forte variação intra-regional, evidenciando que, mesmo em áreas com altas emissões médias, há municípios com comportamentos distintos, atribuíveis a fatores como tipo de produção, escala das atividades e manejo adotado.

Para avaliar a significância estatística das diferenças observadas entre os COREDEs, foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Apesar da distribuição dos dados não seguir a normalidade, o elevado tamanho amostral ($n > 30$ por grupo) permite a aplicação robusta do teste. Os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de Variância (ANOVA) das Emissões por Corede's (2020-2023)

Comparação entre regiões	Estatística F	p-valor	Diferença significativa?
Emissões (2020–2023)	60,773	< 0,001	Sim ($p < 0,05$)

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os COREDE's, reforçando a existência de desigualdades espaciais relevantes nas emissões agropecuárias no período de 2020 a 2023. Esses achados reforçam a importância de estratégias territoriais diferenciadas para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), com atenção especial às regiões que concentram maiores níveis de emissão e maior potencial de redução.

3.3 DIAGNÓSTICO INTEGRADO: EMISSÕES AGROPECUÁRIAS x DIRETRIZES DOS PED's (2022–2030)

Com base na identificação dos COREDEs com maiores emissões agropecuárias de GEE, realizou-se uma análise comparativa entre esses dados e os conteúdos dos Planos Estratégicos de Desenvolvimento, com o intuito de avaliar o grau de alinhamento entre os níveis de emissão e as estratégias regionais voltadas à agenda climática. Os resultados dessa comparação estão sintetizados no quadro 1.

Quadro 1 - Alinhamento entre emissões agropecuárias e planejamento climático nos PEDs

<i>Emissões de Gases de Efeito Estufa</i>			<i>Análise dos Planos Estratégicos de Desenvolvimento (PED's)</i>	
Ranking	Corede	Emissão média anual (tCO _{2eq})	Cita mudanças climáticas	Cita emissões de GEE
1º	Fronteira Oeste	688741	Sim	Não
2º	Campanha	452360	Sim	Não

3°	Sul	254346	Sim	Não
4°	Jacuí Centro	225159	Sim	Indiretamente
5°	Vale do Jaguari	222278	Sim	Indiretamente
6°	Campos de Cima da Serra	126936	Indiretamente	Não
7°	Metropolitano do Delta do Jacuí	121415	Sim	Não
8°	Centro Sul	107188	Sim	Não
9°	Fronteira Noroeste	106202	Sim	Indiretamente
10°	Central	97801	Indiretamente	Não
11°	Missões	91597	Sim	Não
12°	Hortênsias	74718	Sim	Indiretamente
13°	Vale do Rio Pardo	73406	Indiretamente	Não
14°	Noroeste Colonial	61529	Indiretamente	Não
15°	Alto Jacuí	59742	Indiretamente	Não
16°	Litoral	59740	Indiretamente	Não
17°	Médio Alto Uruguai	48243	Indiretamente	Não
18°	Nordeste	48071	Sim	Indiretamente
19°	Celeiro	42234	Indiretamente	Não
20°	Rio da Várzea	40386	Sim	Indiretamente
21°	Produção	36631	Indiretamente	Indiretamente
22°	Alto da Serra do Botucaraí	35638	Indiretamente	Não
23°	Norte	34766	Indiretamente	Não
24°	Vale do Taquari	30700	Sim	Indiretamente
25°	Serra	28742	Sim	Indiretamente
26°	Paranhana Encosta da Serra	21193	Indiretamente	Não
27°	Vale do Caí	18150	Indiretamente	Não
28°	Vale do Rio dos Sinos	13743	Indiretamente	Indiretamente

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

Embora alguns COREDEs mencionem as mudanças climáticas em seus planos estratégicos, nenhum aborda explicitamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poucos articulam estratégias concretas para a agropecuária, setor-chave nas emissões. Essa lacuna evidencia a necessidade de uma integração mais consistente entre dados científicos, políticas públicas e práticas regionais, para que a mera menção às mudanças climáticas se traduza em estratégias operacionais eficazes de mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável, especialmente nas regiões mais vulneráveis e emissoras.

No âmbito estadual, já se destacam iniciativas governamentais como o Plano ABC+ RS e o programa ProClima 2050, que estabelecem metas concretas para a expansão de práticas sustentáveis até 2030, priorizando a recuperação de pastagens degradadas, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), o plantio direto e outras estratégias de baixa emissão. A meta oficial é reduzir em 50% as emissões de GEE até 2030 e alcançar a neutralidade de carbono até 2050 (Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação do RS, 2023).

Contudo, para que essas iniciativas governamentais se tornem efetivas, é essencial fortalecer a governança territorial, assegurando integração entre as esferas de gestão, transversalidade das políticas climáticas, incentivos adequados e mecanismos eficientes de monitoramento e avaliação (DE BOON, SANDSTRÖM e ROSE, 2022). Sarnoski e Zakrzewski (2022), reforçam que, a ampliação da percepção e da atuação das lideranças regionais e estaduais diante dos impactos das emissões de GEE é essencial para a adoção de estratégias eficazes de mitigação e adaptação.

4 CONCLUSÃO

A análise descritiva do estudo evidenciou a significativa contribuição do setor agropecuário para as emissões de GEE no Rio Grande do Sul, com forte variação regional e predominância de emissões associadas à pecuária extensiva nos COREDEs Fronteira Oeste, Campanha e Sul. A ANOVA confirmou diferenças significativas entre os COREDEs, reforçando a necessidade de políticas climáticas com abordagem territorializada. A avaliação dos PEDs dos COREDEs, mostrou disparidades no alinhamento entre os territórios mais emissores e as estratégias propostas, indicando que as ações regionais ainda não correspondem plenamente aos desafios identificados. Assim, estratégias diferenciadas, liderança local e articulação intermunicipal são essenciais para uma agropecuária de baixa emissão, que integre produtividade, sustentabilidade e resiliência às mudanças climáticas, apoiadas por governança territorial eficiente, participação dos produtores e monitoramento transparente.

REFERÊNCIAS

- COSTA DOS SANTOS, M. et al. Panorama de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no estado do Rio Grande do Sul: setores, subsetores, atividades econômicas e municípios. **Boletim Geográfico RS**, (40). 2022. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4478>. Acesso em: 13 jul. 2025.
- DE BOON, A.; SANDSTRÖM, C.; ROSE, D. C. Governar a inovação agrícola: uma estrutura abrangente para sustentar transições sustentáveis. *Journal of Rural Studies*, v. 83, p. 1-11, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.019>.
- DE OLIVEIRA ABUD, C., DE SOUZA, L. P.; DE SOUZA GORISCH, P. C. V. Mudança climática: uma crise previsível. **Unisanta Law and Social Science**, 12(1), 191-209. 2023.
- DEFESA CIVIL – RS. **Balço das enchentes**. 2024. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs). **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/conselhos-regionais-de-desenvolvimento-coredes>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- GUEDES, T. A.; ACORSI, C. R. L.; MARTINS, A. B. T.; JANEIRO, V. **Estatística Descritiva**. Projeto de ensino – Aprender fazendo estatística. 2005.
- HU, A. H.; CHEN, CH; HUANG, L. H.; CHUNG, MG.; LAN, YC.; CHEN, Z. Environmental Impact and Carbon Footprint Assessment of Taiwanese Agricultural Products: A Case Study on Taiwanese Dongshan Tea. *Energies*, **Basel**, v. 12, n. 1, art. 138, 1 jan. 2019. <https://doi.org/10.3390/en12010138>.
- SARNOSKI, J. G.; ZAKRZEWSKI, S. B. B. Percepções de lideranças comunitárias da região norte do Rio Grande do Sul sobre mudança climática. *Research, Society and Development*, 11(5). 2022.
- YUAN, X.; LI, S.; CHEN, J.; YU, H.; et al. Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review. **Agronomy**, 14(7), 1360. 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071360>