



Coberturas verdes no cultivo da erva-mate impactam a emissão de gás de efeito estufa?

José Carlos Romanchuk | jose.cr12@aluno.ifsc.edu.br¹
Viviane Bobrovicz | viviane.b2005@aluno.ifsc.edu.br¹
Murilo Girolimetto Kohler | murilo.gk2004@aluno.ifsc.edu.br¹
Mauro Antonio Nizer | mauro.nizer@ifsc.edu.br²
Josiléia Acordi Zanatta | josileia.zanatta@embrapa.br³
Eliziane Luiza Benedetti | eliziane.benedetti@ifsc.edu.br⁴

Edital 10/2024/DP/CAN Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Projetos de Pesquisa com Finalidade Didático - Pedagógica em Cursos Regulares no Câmpus Canoinhas.

Projeto de Pesquisa
DT 2 - Meio Ambiente, Agroindústrias, Territórios e Sustentabilidade Socioambiental

Resumo:

A cultura da erva-mate associada a plantas de cobertura do solo contribui para a redução das emissões de GEE. A determinação dos fluxos de GEE é fundamental para subsidiar políticas de remuneração por créditos de carbono. O trabalho teve como objetivo avaliar a emissão de N₂O em diferentes coberturas de solo, em quatro estações, no cultivo de erva-mate. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4X4, constando de 4 repetições, 4 tratamentos: T1: Sem cobertura, T2: Consórcio (Inverno: *Avena sp./Raphanus sativus* e Verão: *Cajanus cajan/Sorghum sudanense*) T3: *Axonopus compressus* e T4: *Arachis pinto*i e 4 estações. A coleta foi realizada por doze meses. As amostras foram coletadas com câmera estática em seringas de três vias, transferidas para recipientes evacuados, com coletas em 4 tempos distintos espaçados em tempos de 15 minutos, seguido pela análise de N₂O por cromatografia gasosa. As maiores emissões foram observadas na primavera, no tratamento sem cobertura (3.125,2 gN-N₂O/ha/período) e no consórcio (2.603,7 gN-N₂O/ha/período). Não houve diferença entre coberturas no verão. No outono e inverno, as maiores emissões foram observadas no tratamento de *A. pinto*i, 1766,8 e 1279,2 gN-N₂O/ha/período, respectivamente. A grama possui o menor potencial de emissão de gases do efeito estufa nas estações avaliadas. As plantas de cobertura e as estações afetam a emissão de N₂O.

Palavras-chave: créditos de carbono; mudança climática; GEE.

Introdução

¹ Estudante do curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Canoinhas.

² Técnico de Campo, Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus-Canoinhas.

³ Pesquisadora Embrapa Florestas - Colombo/PR.

⁴ Professora, Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus-Canoinhas.

Diante das crescentes preocupações com as mudanças climáticas (Oliveira, 2015) e escassez de recursos naturais, a agricultura desempenha papel crucial na mitigação de gases de efeito estufa (GEE), pela necessidade de reduzir as emissões (GEE) em aproximadamente 42% (ONU, 2024).

A cultura da erva-mate destaca-se nesse cenário por sua relevância econômica, social e ambiental, além de apresentar elevado potencial de sequestro de carbono (Zanatta *et al.*, 2023), estando entre as 13 práticas tecnológicas potencialmente mitigadoras das emissões de GEE previstas no Plano ABC+ do Ministério da Agricultura (Embrapa, 2023). Dessa forma, o objetivo foi avaliar a emissão de N_2O do solo em cultivo de erva-mate com diferentes coberturas de solo, ao longo das estações do ano.

Fundamentação teórica

O efeito estufa está associado ao equilíbrio de temperatura no planeta terra em uma faixa adequada. As mudanças desenfreadas se iniciaram após a revolução industrial proporcionando aumento da concentração de GEE, e como consequência, a elevação da temperatura mundial, e problemas ambientais severos (Signor; Moraes, 2021).

As emissões de GEE, aumentam gradativamente a cada década, sendo os principais o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Dentre eles, o N_2O possui potencial de aquecimento global cerca de 298 vezes superior ao do CO_2 (Signor; Cerri, 2013).

A utilização de plantas de cobertura pode contribuir para a redução das emissões em sistemas agrícolas (Silva *et al.*, 2025), que pode ser maximizado se associadas a culturas perenes. Entretanto, a emissão desses gases apresenta grande variabilidade, devido às complexas interações com fatores ambientais (Vasconcelos *et al.*, 2018). A pesquisa visando a quantificação dos GEE se torna fundamental para adaptar sistemas de cultivo com plantas de cobertura, nos diferentes cenários do ciclo climático, associado ao cultivo de plantas perenes, trabalhando em favor da redução das emissões, e em benefício da cultura. Estudos que buscam mensurar o potencial de sistemas de produção agrícola e florestal na mitigação de emissões de GEEs, dificilmente são encontrados em áreas de referência da região (Nascimento, 2021).

Procedimentos metodológicos

O estudo foi realizado em Canoinhas-SC, Planalto Norte Catarinense. O clima é caracterizado como subtropical úmido, classificado como Cfb segundo Köppen (Alvares *et al.*, 2013). Em fevereiro de 2021 realizou-se o plantio de erva-mate. O plantio das coberturas perenes e semeadura das espécies anuais ocorreu em outubro de 2023, na entrelinha da erva-mate. O estudo foi conduzido em sistema de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4: estações do ano (Outono, Inverno, Primavera e Verão) e 4 tratamentos: Sem cobertura, Consórcio (Inverno: aveia/nabo (*Avena sp./Raphanus sativus*) e Verão: feijão guandu/capim sudão (*Cajanus cajan/Sorghum sudanense*)), Grama (*Axonopus compressus*) e Amendoim Forrageiro (*Arachis pintoi*), com 4 repetições. Em dezembro de 2024 iniciou-se a coleta de amostras de ar com câmara estática, em seringas de três vias e com sistema de vácuo manual por métodos estabelecidos por Zanatta *et al.* (2014).

A coleta ocorreu em intervalos de 30 dias e consistiu na instalação de bases fixas em cada parcela, realizando-se as coletas em 4 tempos distintos, sendo eles 0 (inicial), 15, 30 e 45 min. A cada intervalo de tempo se deu a amostragem de gases por meio de válvula acoplada. Após o término das coletas, as amostras foram transferidas manualmente para frasco evacuado, seguido pela análise de N₂O por cromatografia gasosa (Zanatta *et al.*, 2014). Os dados de temperatura foram obtidos por média, e precipitação por soma, dos meses referente a cada estação de coleta, obtidos por meio da estação experimental da EPAGRI Canoinhas.

Após 12 coletas, procedeu-se a ajustes lineares e para as condições do ambiente de coleta. Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade, se aceitos, ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software R.

Resultados e discussões

A emissão de N₂O foi influenciada pelas coberturas, com comportamentos distintos entre as estações do ano (Figura 1).

As maiores emissões ocorreram na primavera, no tratamento sem cobertura (3125,2 gN-N₂O/ha/período) e consórcio (2603,7 gN-N₂O/ha/período), coincidindo com o

aumento da temperatura do ar e pluviosidade. Não houve diferença entre coberturas no verão.

No outono e inverno, as maiores emissões foram no tratamento com cobertura de amendoim forrageiro, 1766,8 gN-N₂O/ha/período e 1279,2 gN-N₂O/ha/período respectivamente.

A cobertura com grama obteve as menores variações entre estações, com liberações entre 532,7 gN-N₂O/ha/período no inverno e 1096,9 gN-N₂O/ha/período na primavera. As emissões média por estação de N₂O pelo tratamentos testemunha foi semelhante ao tratamento consórcio e amendoim forrageiro. O tratamento testemunha e consórcio foram as que obtiveram maiores variações nas emissões.

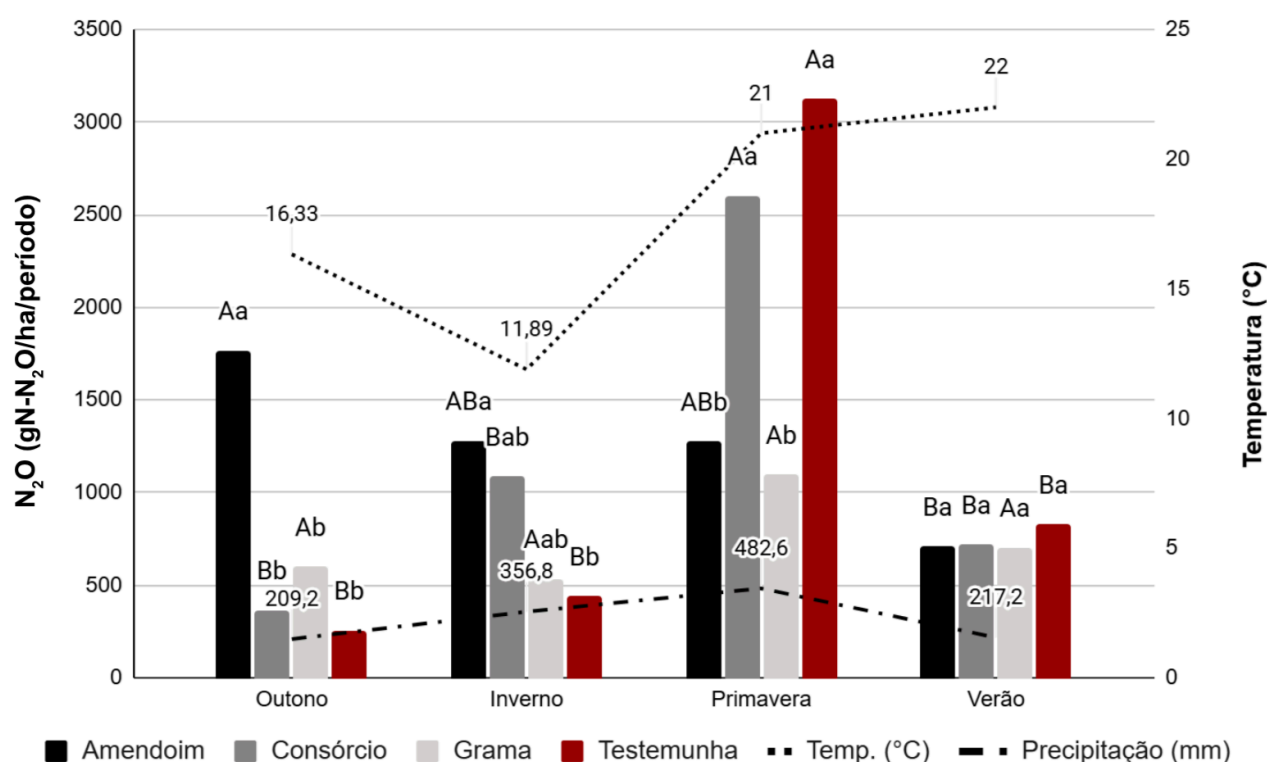
A maior parte do N₂O emitido do solo é proveniente da atividade biológica, por processos de nitrificação e desnitrificação, processo que reduz íons a N₂, gerando intermediários NO₂ e NO₂⁻ (Signor; Cerri, 2013), dessa forma, os processos que afetam a atividade de nitrificação e desnitrificação, afetam as emissões, podendo-se destacar a temperatura, água no solo, O₂ e disponibilidade de N.

A temperatura tem grande papel na atividade de microorganismos, pois em temperaturas amenas, a atividade é reduzida e temperaturas maiores, proporciona aumento da taxa de respiração do solo e assim, mais emissões (Signor; Cerri, 2013). A presença de solo descoberto no tratamento testemunha, afeta a incidência direta de raios solares no solo, juntamente ao acréscimo da temperatura média do ar, pode ser um efeito para o grande incremento da emissão de N₂O na primavera (Figura 1).

Como o processo de desnitrificação é realizado anaeróbicamente (Signor; Cerri, 2013), a maior pluviosidade encontrada na primavera, reduz espaços porosos no solo, aumentando a atividade de desnitrificação e produção de N₂O na testemunha e consórcio.

A redução da pluviosidade no verão, mesmo com aumento da temperatura do ar, pode justificar a menor emissão de N₂O nesta estação, para todos os tratamentos. O amendoim forrageiro, por ser uma leguminosa, fixa nitrogênio, proporcionando relações C/N baixas, e por ser perene, a presença de material a ser mineralizado é constante. A presença de material com baixa relação C/N, disponibiliza mais N para processo de produção de N₂O (Signor; Cerri, 2013).

Figura 1: Fluxo de N_2O . Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre estações dentro do mesmo tratamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre coberturas dentro da mesma estação pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Na primavera, a decomposição das plantas do consórcio de inverno, juntamente a maior temperatura e pluviosidade, podem ter efeito no maior incremento das emissões. O carbono disponível no solo estimula a atividade microbiana, afetando, segundo Cameron *et al.* (2013), os processos de desnitrificação e nitrificação.

O estudo contemplou a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão ao integrar a formação acadêmica dos estudantes, a geração de informações científicas sobre emissões de N_2O e a difusão do conhecimento junto à comunidade.

Considerações finais



Na primavera ocorreram as maiores emissões, proveniente do solo sem cobertura, e no verão as menores. As coberturas têm potenciais diferentes de emissão, afetados pelas condições ambientais, com a grama se destacando com emissões reduzidas durante o ano.

Referência ao fomento recebido

Trabalho executado com recursos disponibilizados pelo Edital 10/2024/DP/CAN.

Referências

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CAMERON, K. C. *et al.* Perdas de nitrogênio do sistema solo/planta: uma revisão. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 162, n. 2, p. 145-173, 2013.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Cultura da erva-mate conta agora com calculadora de carbono**, 2023.

NASCIMENTO, A. F. **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa de floresta secundária na transição Amazônia-Cerrado** – Sinop: Embrapa, 2021.

OLIVEIRA, P. P. A. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 623–634, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Países precisam reduzir 42% das emissões de gases de efeito estufa para evitar aumento catastrófico da temperatura**. Brasília: ONU Brasil, 2024.

SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Emissões de óxido nitroso em solos agrícolas: uma revisão. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 3, pág. 322-338, 2013.

SIGNOR, D.; MORAES, S. A. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas produtivos no nordeste brasileiro. In: BRASIL. **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília: Embrapa, 2021.



SILVA, G. R. *et al.* Cover crops can reduce greenhouse gas emissions from no-till maize in southern Brazil. **Agronomy**, 2025.

VASCONCELOS, A. L. S. *et al.* Greenhouse gas fluxes from soil under different land-management in the Cerrado biome – Rio Verde. **Revista trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, 2018.

ZANATTA, J. A. *et al.* **Manual técnico e operacional da calculadora de carbono para sistemas de produção de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, (Documentos, 388). 2023.

ZANATTA, J. A. *et al.* **Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa do solo**, Colombo: Embrapa Florestas, 2014.