

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO BIOESTIMULANTE EM SISTEMA  
SILVIPASTORIL E MONOCULTIVO SOBRE A EMISSÃO  
DE ÓXIDO NITROSO**

Carolina Volpini Bernardes

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Ana Cláudia Ruggieri  
Coorientadores: Dr. Abmael da Silva Cardoso  
Msc. Mariane Rodrigues Ferreira

Jaboticabal - SP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO BIOESTIMULANTE EM SISTEMA SILVIPASTORIL E  
MONOCULTIVO SOBRE A EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO**

**Carolina Volpini Bernardes**

**Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Ana Claudia Ruggieri  
Coorientadores: Dr. Abmael da Silva Cardoso  
Msc. Mariane Rodrigues Ferreira**

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal - SP  
1º Semestre /2021

B522e

Bernardes, Carolina Volpini

Efeito do bioestimulante em sistema silvipastoril e monocultivo sobre a emissão de óxido nitroso / Carolina Volpini Bernardes. -- Jaboticabal, 2021  
36 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Abmael da Silva Cardoso, Mariane Rodrigues Ferreira

1. Ascophyllum. 2. Capineira. 3. Gases estufa. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL



Departamento de Zootecnia

DEPARTAMENTO:

## CERTIFICADO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO :** Efeito do bioestimulante em sistema silvipastoril e monocultivo sobre a emissão de óxido nitroso

**ACADÊMICO:** Carolina Volpini Bernardes

**CURSO:**  
Zootecnia

**ORIENTADOR (ES):** Dr<sup>a</sup>. Ana Claudia Ruggieri  
Dr. Abmael da Silva Cardoso  
Msc. Mariane Rodrigues Ferreira

**PERÍODO :** Semestre 1<sup>o</sup>                      Ano 2021

Aprovado com conceito:    A     B     C

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.     Sim     Não

Reprovado:

#### BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
<b>Presidente</b>	Dr. Abmael da Silva Cardoso	<u>Abmael da Silva Cardoso</u>
<b>Membro</b>	Msc. Andressa Scholz Berça	<u>Andressa Berça</u>
<b>Membro</b>	Msc. Gilmar Cotrin de Lima	<u>Gilmar Cotrin de Lima</u>

• Jaboticabal 02 / 07 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 19 / 07 / 2021

Prof. Dr. José Mauricio Barbanti Duarte

Chefe do Departamento de Zootecnia

Matricula n. 422332-9

Ofereço este Trabalho de Conclusão de Curso a meus pais Flavio e Josiane e a meu irmão Leandro, que sempre estiveram comigo nessa jornada maravilhosa que é a vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, pelo dom de vida.

A meus pais, Flavio Henrique Bernardes e Josiane Volpini Bernardes, que me deram sua força, garra e exemplo na minha jornada, que apoiaram me cada decisão tomada ao longo dos anos, que estiveram presentes em cada etapa na minha vida, que me deram suporte e amparo sempre quando precisei.

A meu irmão Leandro Volpini Bernardes, pelo companheirismo, por me auxiliar, por sempre me estender a mão quando caia e é a pessoa que me inspira a ser melhor a cada dia.

A UNESP/FCAV, minha casa, pela oportunidade de cursar a profissão dos sonhos, e por proporcionar os melhores anos da minha vida.

Ao grupo UNESPFOR, por estar no convívio de pessoas maravilhosas e inteligentes com quem tive o maior prazer de conhecer e trabalhar, a minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Ana Claudia Ruggieri e em especial aos meus coorientadores Msc. Mariane Rodrigues Ferreira e Dr. Abmael da Silva Cardoso pela oportunidade de participar da pesquisa brasileira, pelos conselhos e ensinamentos passados.

A banca examinadora, Msc. Andressa Scholz Berça e Msc. Gilmar Cotrin de Lima por aceitarem o convite para fazer parte deste momento tão importante.

Aos meus colegas de turma, em especial os “vizinhos”, Mayara (Marcha), Maria Júlia (Narizinho), Paulo Henrique (Oriundo), Mateus (Chikungunha), Vitor (Pernudo), Raul (Maranhão), Thayná, Gabriella (Ronda), Vitor (De-boa), Thiago (Resumo) e Emerson (Quililide) que tornaram meu dia a dia na faculdade mais leve, alegre e prazeroso, que me acompanharam nesses cinco anos de graduação, que estiveram presentes nos bons e maus momentos e que vou levar comigo pra vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por financiar este presente trabalho - código de financiamento: 800436/2018-0.

E aos demais que passaram na minha vida, que de algum modo contribuíram para que eu chegasse até aqui.

**Muito obrigada!**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Efeito estufa e agropecuária .....	4
2.2. Fluxos de N <sub>2</sub> O .....	5
2.2.1. Processos de formação do N <sub>2</sub> O.....	5
2.2.2. Mitigação das emissões de N <sub>2</sub> O.....	6
2.3. Bioestimulantes .....	7
2.4. Sistema silvipastoril .....	9
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1. Área experimental .....	11
3.2. Desenho experimental e tratamentos .....	12
3.3. Método de pastejo e aplicação do bioestimulante .....	13
3.4. Avaliação dos gases de efeito estufa .....	14
3.5. Análises Estatísticas .....	15
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>6. RESUMO.....</b>	<b>25</b>
<b>7. SUMMARY .....</b>	<b>27</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Temperatura (mínima, média e máxima) e precipitação pluvial durante o período de janeiro a maio de 2020.....	12
<b>Figura 2.</b> Área experimental destinada às avaliações de gases de efeitos estufa.....	13
<b>Figura 3.</b> Câmara estática para coleta de gás.....	14
<b>Figura 4.</b> Fluxos diários de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 1° ciclo de pastejo.....	17
<b>Figura 5.</b> Espaço poroso saturado por água (EPSA) (%) no SPS e SSP com e sem a aplicação de Biotrac® durante os ciclos de pastejo.....	18
<b>Figura 6.</b> Fluxos diários de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 2° ciclo de pastejo.....	19
<b>Figura 7.</b> Fluxos diários de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 3° ciclo de pastejo.....	20
<b>Figura 8.</b> Fluxos diários de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 4° ciclo de pastejo.....	21

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Emissões cumulativas de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> em pastagens de capim massai em sistema de pleno sol (SPS) e silvipastoril (SSP) com e sem aplicação de Biotrac® (B). .....	22
<b>Tabela 2.</b> Emissões cumulativas de N <sub>2</sub> O em µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> em pastagens de capim massai em sistema de pleno sol (SPS) e silvipastoril (SSP) com e sem aplicação de Biotrac® (B) durante o 1º ciclo de pastejo. ....	23

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional mundial tem promovido aumento da demanda por alimentos de origem animal. Segundo a ONU (2019), em 2050 a população mundial será de aproximadamente 9,7 bilhões, sendo necessário um aumento na produção mundial de carne de 342 milhões de toneladas (2000 – 2018) (FAO, 2020) para 465 milhões de toneladas e na produção de leite de 843 (2000 – 2018) (FAO, 2020) para 1.043 milhões de toneladas em 2050 (FAO, 2006). Em relação à produção de proteína animal, o Brasil tem uma posição de destaque, sendo o segundo maior produtor do mundo. Além de ser também o primeiro maior produtor de carne bovina (ABIEC, 2020), terceiro em produção carne de aves, quinto em produção de carne suína e terceiro em produção de leite (FAOSTAT, 2019).

Além dos desafios no aumento da produção, o setor agropecuário enfrenta também outro desafio: a intensificação das emissões dos gases de efeito estufa, sendo os três mais importantes o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), cujo aumento da concentração na atmosfera terrestre gera consequências negativas nas

mudanças climáticas, um dos principais problemas ambientais da atualidade (COSTA et al., 2009).

O óxido nitroso é um gás produzido naturalmente e possui papel importante para o balanço climático, sendo que seu excesso agrava o aquecimento global, por seu poder e aquecimento global de 295 superior ao CO<sub>2</sub> e degrada camada de ozônio na atmosfera (COSTA et al., 2009; ZANATTA, 2009). Nos solos, a maior parte do N<sub>2</sub>O emitido é originária de dois processos biológicos: a nitrificação e a desnitrificação, que fazem parte do ciclo de nitrogênio (N) (ZUMFT & KRONECK, 2006). No processo de nitrificação as bactérias oxidam a amônia, vinda do processo de fixação do N, em nitrito e novamente é oxidado até chegar no nitrato. E na desnitrificação, bactérias desnitrificadoras utilizam o nitrato como fonte de energia e nesse processo o N<sub>2</sub>O é liberado na atmosfera (BORTOLI et al., 2012).

Dentre as estratégias utilizadas para a mitigação de N<sub>2</sub>O, os bioestimulantes e os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta tem merecido destaque.

Bioestimulantes são substâncias de origem sintética ou natural, que contêm componentes orgânicos e inorgânicos, com ações similares aos grupos de hormônios vegetais como citocininas, auxinas, giberelinas, etileno (PRZYBYSZ et al., 2014; VIEIRA & CASTRO, 2002). Segundo Calvo et al. (2014), os bioestimulantes são capazes de melhorar o crescimento e desenvolvimento da planta, aumentar sua eficiência em aproveitar os nutrientes, perder menos dos mesmos, e pode também agir no solo, auxiliando a melhorar a estrutura, função ou desempenho, assim favorecendo a resposta da planta. Seu efeito é mais notável quando a planta se encontra em situações estressantes. Com a utilização dos bioestimulantes há o aumento à tolerância a estresses (como seca, aumento de salinidade e sombreamento) e melhoria no reparo de danificações provocadas por condições desfavoráveis (PRZYBYSZ et al., 2014).

Os sistemas silvipastoris são uma alternativa viável para promover a sustentabilidade da produção, contribuindo para a melhoria da fertilidade e maior valor nutritivo do pasto (VALENTINI & CASTRO, 2010). O componente arbóreo contribui para melhorar o microclima, o bem-estar e a produtividade animal, a conservação do solo e da água, a regularização do ciclo hidrológico, a biodiversidade, o sequestro de carbono, melhorando a eficiência de uso da terra e a produção de carne, leite e seus

derivados (ALMEIDA, 2010). Além da adição de matéria orgânica, o componente arbóreo aumenta a captura de nutrientes e umidade do solo (RIZZATTO, 2016).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do bioestimulante em sistema silvipastoril e em monocultivo quanto à emissão de  $N_2O$ .

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Efeito estufa e agropecuária**

O efeito estufa é um mecanismo atmosférico de origem natural que ocorre desde a formação do planeta Terra (YOUNG, 2002), tal mecanismo consiste na concentração de alguns gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{O}_3$ ) na atmosfera, que são responsáveis por manter o planeta aquecido (HANSEN et al., 2010). Tais gases presentes na atmosfera interagem com a radiação solar, absorvendo-a e por consequência passam a emitir de volta para a superfície terrestre em forma de radiação infravermelha, ou seja, calor. (MENDONÇA, 2003).

Segundo o SEEG (2020), no Brasil, os setores que participam na emissão dos gases de efeito estufa incluem: o uso da terra com 44% das emissões, cuja participação nas emissões vem crescendo em virtude do aumento demasiado do desmatamento da Amazônia; o setor agropecuário que contribui com 28%, do qual grande parte está ligada ao rebanho bovino; o setor de energia, que contribui com 19%, relacionado com o aumento de consumo de energia elétrica em 2019, que levou ao acionamento de termelétricas a gás, pelo aumento no uso de diesel utilizado no transporte de cargas e no

aumento do uso do etanol; e os processos industriais e resíduos que contribuem com 5% e 4%, respectivamente.

Dentre os gases de efeito estufa, destaca-se o  $N_2O$ , que possui um potencial de aquecimento global de 265 maior em relação ao  $CO_2$  (MCTI, 2014), e permanece na atmosfera por aproximadamente 120 anos, por ser um gás inerte na troposfera (RODRIGUES & MELLO, 2012).

Dentro do setor agropecuário brasileiro, 43% emissões de  $N_2O$  é proveniente da pecuária, resultante da deposição de dejetos de animais (BERCHIELLI et al., 2012). A emissão de  $N_2O$  também está relacionada ao uso de adubos e fertilizantes sintéticos (MCTI, 2016), sendo responsáveis por grande parte da emissão antrópica deste gás para atmosfera (ALVES et al. 2010). A nível mundial a emissão de  $N_2O$  é inferior ao do  $CO_2$ , o setor de energia lidera o ranking de maiores emissores com 37,22 Gt  $CO_2e$  e a agropecuária vem em segundo lugar com 5,82 Gt  $CO_2e$  (CLIMATE WATCH, 2018).

## **2.2. Fluxos de $N_2O$**

### **2.2.1. Processos de formação do $N_2O$**

A maior parte do  $N_2O$  emitido pelos solos é oriunda de dois processos biológicos naturais: a nitrificação e a desnitrificação, que fazem parte do ciclo de N (ZUMFT & KRONECK, 2006). A nitrificação é um processo de oxidação da amônia para nitrito e, posteriormente, para nitrato realizado por microrganismos quimioautotróficos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; VIEIRA, 2017). Esse processo se dá pela conversão da amônia em nitrato, sendo dividido em duas etapas chamadas de nitrosação em que a amônia é convertida em nitrito e a segunda fase é a nitratação, onde íons de nitrito são transformados em nitrato. As bactérias nitrificantes trabalham oxidando o amônio ( $NH_4^+$ ) para dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), no qual será oxidado na fase de nitratação para nitrato ( $NO_3^-$ ) (VIEIRA, 2017).

E a desnitrificação, por sua vez, é a redução respiratória do nitrato ou nitrito para as formas gasosas de  $NO$ ,  $N_2O$  ou  $N_2$  pelas bactérias desnitrificantes (VIEIRA, 2017). Por meio deste processo, parte dos nitratos do solo é devolvida à atmosfera na forma de  $N_2$ , concluindo o ciclo do nitrogênio. As bactérias reduzem o  $NO_3^-$  para  $N_2$ , obtendo o  $N_2O$  e o  $NO$  como produtos intermediários (WRAGE et al., 2001). Por conseguinte, o  $NO_3^-$  receberá elétrons reduzindo a  $NO_2^-$ ,  $NO$  e  $N_2O$ . O carbono do ciclo doará elétrons

tornando-se fonte de energia aos desnitrificadores heterotróficos (THOMSON et al., 2012).

Butterbach-Bahl et al., (2013) detalharam como a nitrificação e a desnitrificação colaboram para a emissão de  $N_2O$ : decomposição química da hidroxilamina durante a nitrificação autotrófica e heterotrófica, desnitrificação química do nitrito do solo e decomposição abiótica do nitrato de amônio na presença de luz e umidade, nitrificação-denitrificação dentro dos mesmos microrganismos nitrificadores, desnitrificação conduzida por organismos capazes de utilizar óxidos de nitrogênio como acceptor de elétron alternativo sobre condições ambientais que limitam o  $O_2$  disponível, co-desnitrificação do N orgânico com NO e amonificação do nitrato ou redução dissimilatória do nitrato.

A umidade, aeração e temperatura do solo exercem grande importância nos processos de nitrificação e desnitrificação, pois determinam o ritmo da atividade dos microrganismos. A umidade do solo é importante no processo de desnitrificação pois controla o transporte de oxigênio e o escape de gases como NO,  $N_2O$  e  $N_2$  (BAGGS & PHILIPPOT, 2010). A aeração tem relação estreita com a umidade do solo, quanto maior for o espaço poroso saturado por água (EPSA), menor será o espaço de poros preenchidos por ar, favorecendo o processo de desnitrificação (MOSIER et al., 2004). A temperatura do solo influencia a fisiologia das bactérias desnitrificantes com o aquecimento do ambiente, elevando as taxas metabólicas, produzindo mais  $N_2O$  até um ótimo de temperatura, que varia de 25 a 35 °C, sendo registradas nessa faixa de temperatura as maiores taxas de atividade microbiana (BRAKER et al., 2010; ESCUER-GATIUS et al., 2020).

### **2.2.2. Mitigação das emissões de $N_2O$**

Apesar do agravamento das emissões de  $N_2O$ , estudos como os de Manzatto et al. 2019, Dias et al. 2017, Cardoso et al. 2020, Assad et al. 2019, Congio et al. 2021 e Bayer et al. 2011, com estratégias de mitigação vêm sendo realizados através do aumento da eficiência do uso de N pelos animais, pelas pastagens e evitar perdas pelo ambiente. Ruggieri & Cardoso (2017), apresentaram alternativas para a mitigação como:

- Manejo da pastagem visando reduzir a compactação do solo pelo uso de maquinário e pisoteio dos animais;
- Aumentar a matéria orgânica do solo através da manutenção de resíduos culturais do pasto;
- Aumentar a utilização do N pelos animais através do balanço entre proteína e energia metabolizável;
- Melhorar o uso de N pelas forrageiras através do parcelamento da adubação nitrogenada e época de adubação;
- Aumentar o uso de forrageiras leguminosas, reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados;
- Evitar queimadas;
- Utilizar fertilizantes protegidos ou com inibidores de urease e igualar a quantidade de N aplicado com a quantidade exigida pela forrageira;
- Integrar a produção animal e vegetal;
- Evitar aplicação de fertilizantes a lanço.

No Brasil, dentre os programas de mitigação dos gases de efeito estufa, o plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) moldado pelo governo brasileiro (BRASIL, 2012), se comprometeu em reduzir entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2020 com sete programas: recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SAFs), sistema de plantio direto (SPD), fixação biológica de nitrogênio (FBN), florestas plantadas, tratamento de dejetos animais e adaptação às mudanças climáticas.

### **2.3. Bioestimulantes**

O bioestimulante YaraVita BIOTRAC® é uma mistura comercial com uma formulação única de nutrientes e bioestimulantes, que inclui extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), uma fonte rica em citocininas, auxinas e giberelinas. As principais atribuições das citocininas estão relacionadas com a regulação de crescimento e diferenciação, incluindo divisão celular. As auxinas promovem crescimento e alongamento celular e são consideradas como um dos melhores estimuladores de enraizamento. Por outro lado, as giberelinas estão relacionadas ao alongamento e a

divisão celular e apresentam efeito estimulante no processo germinativo (ALMEIDA et al., 2015).

Bioestimulantes são substâncias ou microrganismos que quando aplicados às plantas objetivam aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou as características de qualidade da cultura, independentemente do teor de nutrientes (DU JARDIN, 2015). Esses bioestimulantes possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais como citocininas, auxinas, giberelinas, etileno, retardadores e inibidores vegetais (PRZYBYSZ et al., 2014; VIEIRA & CASTRO, 2002).

Segundo Calvo et al. (2014), os bioestimulantes são capazes de melhorar o crescimento e desenvolvimento da planta, aumentar a eficiência em aproveitar os nutrientes, podendo também agir no solo auxiliando a melhorar a estrutura, função ou desempenho, assim favorecendo a resposta da planta. A resposta do bioestimulante é mais notável quando a planta se encontra em situações estressantes, com a utilização dos bioestimulantes há o aumento à tolerância a estresses (como seca, aumento de salinidade e sombreamento) e melhoria no reparo de danificações provocadas por condições desfavoráveis (PRZYBYSZ et al., 2014).

Segundo Du Jardín (2015), as principais categorias de bioestimulantes utilizados são: à base de ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da decomposição de resíduos vegetais, animais e microbianos; à base de hidrolisados de proteína obtidos pela hidrólise química e enzimática de proteínas de subprodutos agroindustriais; à base de extrato de algas marinhas e botânicos como as do gênero *Ascophyllum*, *Fucus*, *Laminaria*; à base de quitosana e outros biopolímeros, provindo da desacetilação da quitina; a base de compostos inorgânicos como alumínio (Al), cobalto (Co), sódio (Na), selênio (Se) e silício (Si); à base de fungos simbiotes ou mutualistas como fungos micorrízicos; e à base de bactérias do tipo *Rhizobium*.

Os bioestimulantes têm despertado cada vez mais atenção no agronegócio, à medida que as técnicas de cultivo evoluem (AMARO et al., 2020). Marques et al. (2014) estudaram o efeito de bioestimulantes na cultura da soja e observaram ganhos produtivos significativos pelo aumento do número de vagens e grãos tratados com bioestimulante a base de extrato de algas marinhas. De Lima (2016), observou um aumento de acúmulo de MS e na taxa de acúmulo de forragem, folhas e colmos além da

redução do percentual de material morto da *Brachiaria* híbrida Convert HD364 tratada com bioestimulante.

#### **2.4. Sistema silvipastoril**

O sistema silvipastoril é a combinação de árvores, pastagem e produção animal em um mesmo espaço físico, manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade. É um sistema multifuncional, que intensifica a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais, evitando sua degradação, recupera a capacidade produtiva (LIMA et al. 2019), melhora a fertilidade do solo, aumenta o valor nutritivo do pasto, proporciona conforto térmico para os animais além resgatar o C atmosférico. (VALENTINI & CASTRO, 2010).

Segundo Balbino et al. (2011), o sistema silvipastoril compõe um quatro grandes grupos dos sistemas de integração:

1. Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por vários anos, em sequência ou intercalados.

2. Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio.

3. Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes.

4. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área.

A utilização do sistema silvipastoril apresenta vantagens como (LIMA et al., 2019

- Bem-estar e conforto térmico para os animais de produção;
- Aumento na produção de carne e leite;
- Maior tempo em pastejo;
- Aumento na quantidade de nutrientes no solo;

- Fixação de nitrogênio por árvores leguminosas;
- Protege o solo contra erosão;
- Reduz perda de matéria orgânica.

Porém, o sistema silvipastoril possui limitações, como (LIMA et al., 2019):

- Maior custo de implantação;
- Retorno do capital é lento;
- Falta de informação dos produtores sobre os sistemas de integração.

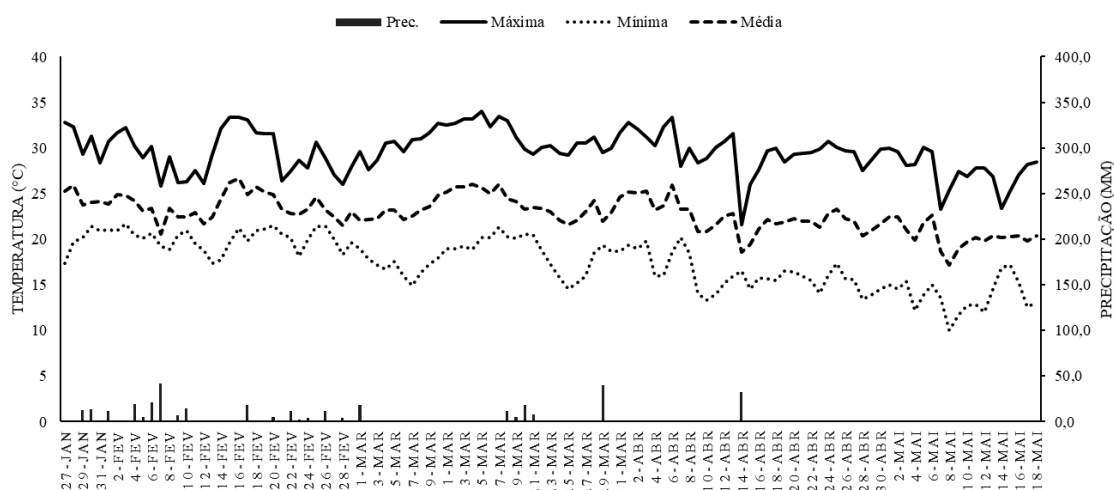
A escolha da forrageira é crucial para esses tipos de sistemas e deve levar em consideração a tolerância das plantas ao sombreamento. As gramíneas forrageiras tendem a apresentar um melhor valor nutritivo, com maior teor de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca quando estão sombreadas. A forrageira *Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv. Massai possui alta produção de forragem com grande velocidade de estabelecimento e de rebrotação, com média tolerância ao frio, boa resistência ao fogo, adaptado às condições de baixa fertilidade do solo, com boa resistência ao ataque da cigarrinha-das-pastagens e boa resistência ao sombreamento (VALENTIM et al., 2001).

Estudos avaliando as emissões de N<sub>2</sub>O em sistemas integrados tem gerado resultados positivos. Oliveira et al. (2012), em seu estudo com sistemas ILP, ILPF e cerrado nativo, onde os sistemas integrados emitiram menos N<sub>2</sub>O em comparação ao cerrado nativo. Os mesmos resultados foram obtidos também por Nogueira et al. (2016), avaliando lavoura, pastagem e ILPF.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área experimental**

O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” *Campus* de Jaboticabal, São Paulo, Brasil 21°14’S e 48°17’O, 598m acima do nível do mar. O solo é um Latossolo Vermelho eutroférico (SiBCS, 2018) derivado do basalto. O clima predominante de Jaboticabal - SP, pela classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses da primavera - verão (dezembro a março). (Figura 1).

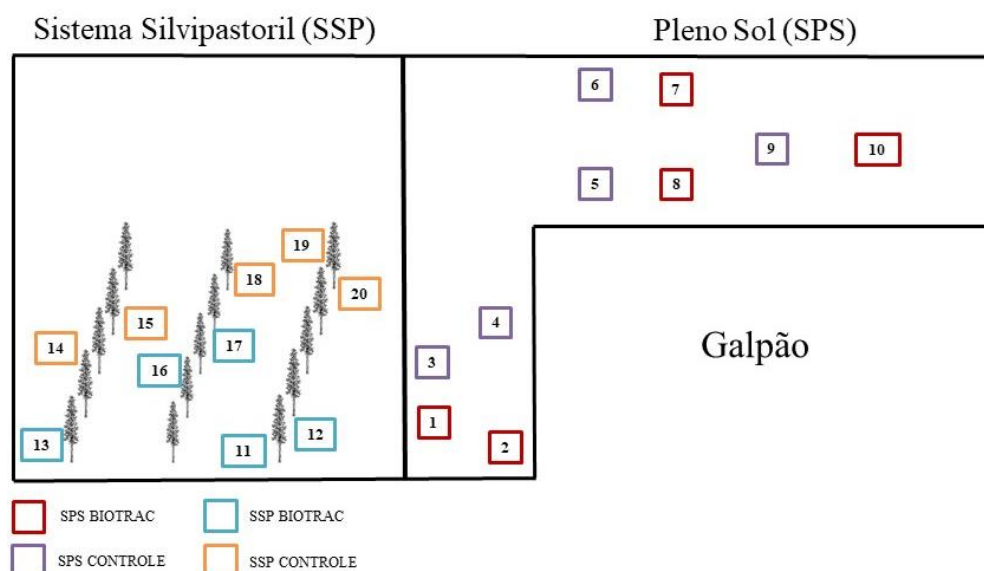


**Figura 1.** Temperatura (mínima, média e máxima) e precipitação pluvial durante o período de janeiro a maio de 2020.

Foi realizada avaliação da fertilidade do solo antes do início do experimento e, de acordo com o resultado não houve necessidade de adubação. As propriedades do solo (profundidade 0-20cm) para o pleno sol e sistema silvipastoril, respectivamente, foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,8 e 5,2; matéria orgânica = 18,0 e 23,0 g dm<sup>-3</sup>; P = 17,0 e 8,0 mg dm<sup>-3</sup>; acidez potencial em pH 7 (H + Al), K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> = 18,0 e 26,0; 5,8 e 3,7; 32,0 e 28,0; 14,0 e 12 mmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente, capacidade de troca catiônica (CTC) = 71 e 69,7 mmolc dm<sup>-3</sup> e saturação por bases (V%) = 74 e 63%.

### 3.2. Desenho experimental e tratamentos

A área total de 0,216 ha foi dividida em 12 piquetes experimentais de 180 m<sup>2</sup>, sendo 6 piquetes para o sistema em pleno sol (SPS) e 6 piquetes para o sistema silvipastoril (SSP) (Figura 2). A espécie forrageira utilizada foi a *Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai e espécie arbórea foi o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*Eucalyptus urograndis*). O experimento foi realizado de janeiro a maio de 2020, disposto em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos foram os dois sistemas: silvipastoril e pleno sol; e aplicação de Biotrac®: com e sem.



**Figura 2.** Área experimental destinada às avaliações de gases de efeitos estufa.

### 3.3. Método de pastejo e aplicação do bioestimulante

O pastejo foi realizado por novilhas da raça holandesa com peso médio de 250 kg em uma quantidade variável entre os ciclos. O método de pastejo utilizado foi mob-stocking, de forma que os animais iniciaram o pastejo quando o capim-massai atingia altura de entrada de 55 cm e foram retirados dos piquetes quando a altura de resíduo era de 25 cm. A taxa de lotação era variável de acordo com a massa de forragem. Foi realizada adubação nitrogenada com  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  ano, dividida em 4 aplicações, cada aplicação era realizada após a retirada dos animais do piquete. Os animais iniciaram e finalizaram o pastejo respectivamente, nos dias: 08/01/2020 e 20/01/2020; 18/02/2020 e 26/02/2020; 24/03/2020 e 28/03/2020; 22/04/2020 e 27/04/2020, compreendendo 4 ciclos de pastejo.

O Biotrac®, composto por 65 g/l Nitrogênio (5,6% m/m) 27 g/l Potássio (1,1% m/m); 13 g/l de Boro (1,1% m/m); 13 g/l Zinco (1,1% m/m); Carbono Orgânico Total (COT) 117 g/l (10% m/m), é um produto de absorção foliar, dessa forma foi aplicado no capim-massai de 5-7 dias após o pastejo, preconizando o crescimento das folhas para melhor absorção do produto. No preparo da calda de pulverização foi utilizado um volume de 200 litros por hectare de água e de 1 litro por hectare de Biotrac®.

### 3.4. Avaliação dos gases de efeito estufa

Os fluxos de  $N_2O$  foram quantificados utilizando uma câmara estática padronizada (Mosier, 1989) constituída de uma base de metal medindo 0,6 x 0,4 x 0,15 m que é inserida a 7 cm de profundidade e a parte superior plástica com 15 cm de altura e revestida por isolante térmico. As amostragens foram realizadas diariamente na primeira semana após a aplicação do bioestimulante, semanalmente até o início do próximo ciclo. As amostragens foram realizadas entre 9h00 e 10h00 como preconizado por Alves et al. (2012). As câmaras foram fechadas por um período de 30 min e amostras de gás foram coletadas nos tempos 0 e 30 min. As amostras foram coletadas com uma seringa de polipropileno de 50 ml (Figura 3). As temperaturas do solo, e do ar no interior e fora da câmara foram medidas usando termômetros digitais. As amostras de ar foram transferidas para frascos de cromatografia pré-evacuados (20 ml) e em seguida a concentração do gás foi determinada por cromatografia gasosa.



**Figura 3.** Câmara estática para coleta de gás.

As amostras foram analisadas em um cromatógrafo a gás (Shimadzu Green House Gas Analyzer GC-2014; Kyoto, Japan) sobre as seguintes condições para mensurar  $N_2O$ : injetor a 250 °C, coluna a 80 °C, usando  $N_2$  como gás de arraste (30 ml  $min^{-1}$ ), e o detector de captura elétrica a 325 °C.

A emissão do gás  $\mu g N-N_2O h^{-1}$  foi calculada em função da mudança da concentração do gás no interior da câmara no período de incubação de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Equação 1: FLuxo de Gás} = \frac{\delta_{\text{gás}}}{\delta_T} \frac{M}{V_m} \frac{V}{A}$$

Onde,  $\delta_{\text{gás}}$  é o aumento na concentração do gás no período de incubação ( $\mu\text{L L}^{-1}$ );  $\delta_T$  é o período de incubação (h); M é a massa molar do gás em N ou C;  $V_m$  é o volume molecular corrigido pela temperatura e pressão no momento de amostragem ( $\text{L mol}^{-1}$ ); V é o volume da câmara ( $\text{m}^3$ ); e A é a área que a câmara cobre ( $\text{m}^2$ ).

Os fluxos horários foram multiplicados por 24 obtendo as emissões diárias e então serão integradas através de interpolação linear obtendo se a emissão cumulativa. Os fluxos negativos foram incluídos nos cálculos para evitar enviesamento nos resultados (van der Weerden et al., 2016). Os efeitos dos tratamentos foram avaliados comparando os fluxos e a emissão acumulada de cada gás entre si.

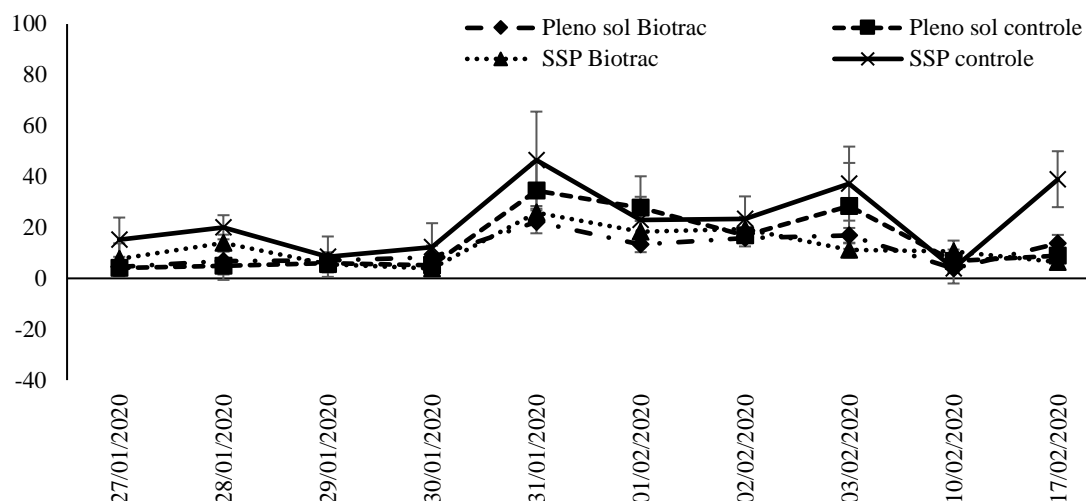
### **3.5. Análises Estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SISVAR. Os efeitos dos tratamentos e as respectivas interações foram avaliados usando o teste F em análise de variância (ANOVA). Comparações múltiplas das médias dos tratamentos, se significativas, foram testadas usando o teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões de N<sub>2</sub>O do solo apresentaram maior variação durante o 1º ciclo, onde os maiores fluxos foram observados no SPS com e sem aplicação do bioestimulante foram de 22 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e 34 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ambos no dia 31/01/2020, no SSP com e sem aplicação do bioestimulante foram de 26 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e 46 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ambos também observados no dia 31/01/2020 (Figura 4).

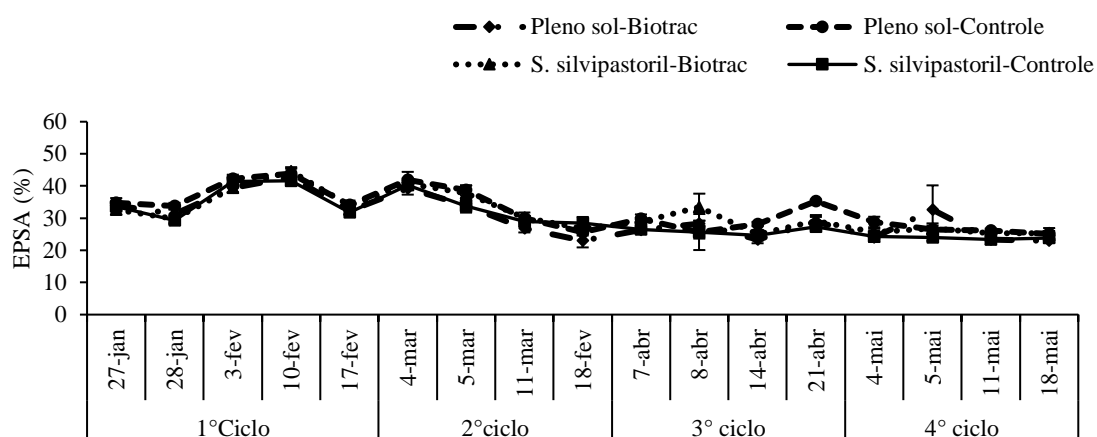
Os menores fluxos no SPS com e sem o Briotrac®, foram de 4 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> nos dias 10/02/2020 e 27/01/2020, respectivamente. No SSP os fluxos de N<sub>2</sub>O também foram de 4 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> nos dias 30/01/2020 com e sem a aplicação do Biotrac®, respectivamente (Figura 3).



**Figura 4.** Fluxos diários de N<sub>2</sub>O em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 1º ciclo de pastejo.

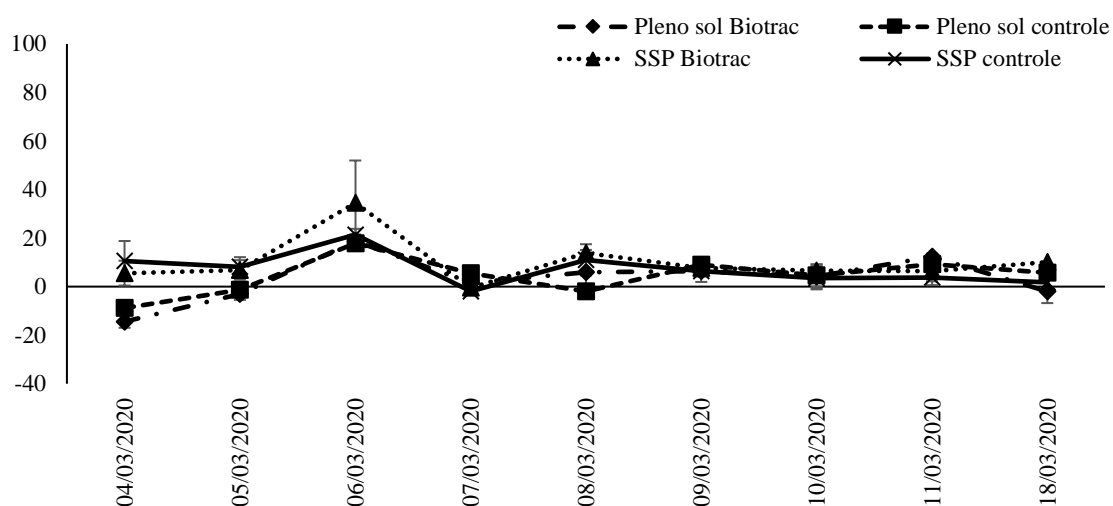
Os maiores fluxos de emissão de N<sub>2</sub>O nos sistemas SPS e SSP, podem estar relacionados à precipitação pluviométrica durante o 1º ciclo, assim como Rudaz et al., (1999) em experimento em pastos na Suíça, também observaram que a emissão de N<sub>2</sub>O está diretamente relacionada à umidade do solo, evidenciando que o aumento da umidade propicia também acréscimo da emissão de N<sub>2</sub>O. Mediante o aumento da umidade há redução de oxigênio (O<sub>2</sub>) no solo, principal responsável pela inibição do processo de desnitrificação (DAVIDSON et al., 2000).

Verifica-se que há uma relação entre espaço poroso saturado por água (EPSA) e a emissão de N<sub>2</sub>O. Em solos onde o percentual de EPSA é superior a 60% ocorre intensificação nas emissões de N<sub>2</sub>O. Isso se dá pois o baixo teor de oxigênio, resulta em formação de ambientes anaeróbicos, ideais para o processo de desnitrificação (BATEMAN & BAGGS, 2005). Entretanto, no presente trabalho o EPSA não superou o percentual acima de 60% para que houvesse tal evento. O maior percentual de EPSA foi observado durante o 1º ciclo de pastejo, que variou de 41 a 44% nos sistemas SPS e SSP, respectivamente (Figura 5). Esse fato também foi observado por Corrêa et al. (2016) em solo sob pastagem em ILPF e solo sob cerrado nativo com valor de 57%, superior ao obtido neste trabalho.



**Figura 5.** Espaço poroso saturado por água (EPSA) (%) no SPS e SSP com e sem a aplicação de Biotrac® durante os ciclos de pastejo.

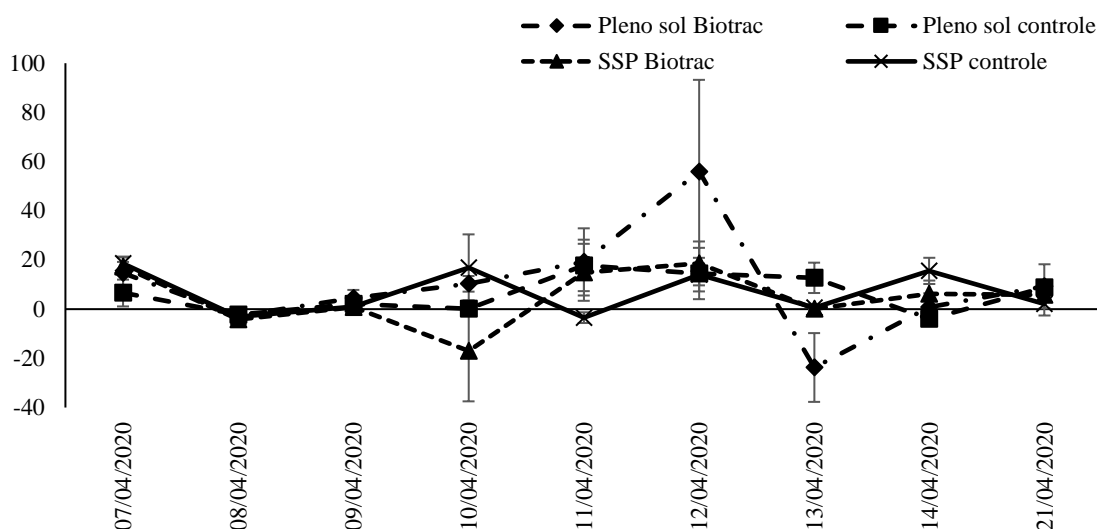
Durante o 2º ciclo de pastejo, os maiores fluxos foram de  $19 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e  $18 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  ambos no dia 06/03/2020 no SPS com e sem bioestimulante, respectivamente. No SSP com e sem a aplicação do bioestimulante, os maiores fluxos foram de  $34 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e  $21 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  ambos também no dia 06/03/2020 (Figura 5). Enquanto os menores fluxos no SPS com e sem aplicação foram de  $-14 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e  $-9 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  ambos no dia 04/03/2020 e no SSP com e sem aplicação de bioestimulante foram de  $-1 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e  $-2 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  ambos no dia 07/03/2020, respectivamente (Figura 6).



**Figura 6.** Fluxos diários de  $N_2O$  em  $\mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 2º ciclo de pastejo.

No 3º ciclo os maiores fluxos no SPS com e sem Biotrac® foram observados no dia 11/04/2020 com fluxo médio de  $56 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 12/04/2020 e  $18 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ , respectivamente. Já no SSP com a aplicação do Biotrac® os fluxos médios foram de  $19 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 13/04/2020 e sem a aplicação do produto foi de  $17 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 10/04/2020 (Figura 7).

Os menores fluxos foram de  $-24 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 13/04/2020 e  $-4 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 14/04/2020 no SPS com e sem Biotrac®, respectivamente. No SSP com e sem Biotrac® os fluxos foram de  $-17 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no dia 10/04/2020 e  $-3 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  nos dias 10/04/2020 e 11/04/2020 (Figura 7).

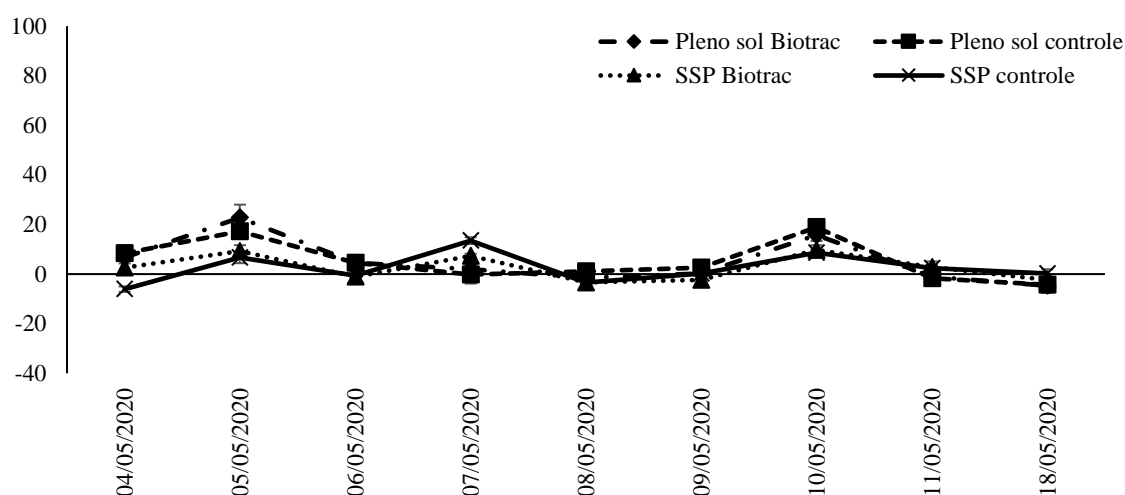


**Figura 7.** Fluxos diários de N<sub>2</sub>O em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 3º ciclo de pastejo.

Assim como a precipitação, a temperatura também pode influenciar na emissão de N<sub>2</sub>O, sendo que temperaturas elevadas intensificam as transformações no solo, principalmente a mineralização do N orgânico aumentando as emissões de N<sub>2</sub>O (HANEY et al., 2004). Neste estudo foi observada maior emissão de N<sub>2</sub>O no dia 12/04/2020 (Figura 6), tal fato pode estar relacionado à maior temperatura relatada no mesmo dia. Resultados semelhantes foram também observados por Rodrigues & Mello (2012) que encontraram correlação positiva entre altas temperaturas e maiores fluxos de emissão de N<sub>2</sub>O.

Durante o 4º ciclo os maiores fluxos foram de 23 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 04/05/2020 e 19 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 10/05/2020, e 10 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 10/05/2020 e 13 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 07/05/2020 nos sistemas pleno sol e silvipastoril com e sem aplicação de biotrac respectivamente (Figura 8). Já os menores fluxos foram de -5 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e -4 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ambos no dia 16/05/2020 no SPS com e sem a aplicação de biotrac, respectivamente.

No SSP os menores fluxos médios observados foram de -3 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 07/05/2020 com aplicação do Biotrac® e de -6 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no dia 04/05/2020 sem a aplicação (Figura 8).



**Figura 8.** Fluxos diários de N<sub>2</sub>O em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no SPS (Sistema Pleno Sol) e SSP (Sistema Silvipastoril) com e sem a aplicação de Biotrac® durante o 4º ciclo de pastejo.

Verifica-se que a partir do 2º ciclo até o final do período experimental houve maior absorção de N<sub>2</sub>O atmosférico pelo solo. Esses resultados também foram observados por Corrêa et al. (2016) em solo sob pastagem, em sistema de integração lavoura-pecuária, e sob cerrado nativo usado como referência e Nogueira et al. (2015) em pastagem manejada, pastagem não manejada e floresta.

Com o decorrer dos ciclos as emissões de N<sub>2</sub>O diminuíram, que pode estar relacionado ao uso do bioestimulante. Uma vez que o bioestimulante é caracterizado por melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas (CALVO et al., 2014) seu uso pode ter favorecido a absorção do N pela forrageira diminuindo a quantidade de N disponível no solo para a formação de N<sub>2</sub>O.

O 1º ciclo apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os todos os fatores avaliados (sistema e aplicação de Biotrac®) assim como para a interação entre eles. Os demais ciclos não diferiram (Tabela 1).

**Tabela 1.** Emissões cumulativas de N<sub>2</sub>O em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> em pastagens de capim massai em sistema de pleno sol (SPS) e silvipastoril (SSP) com e sem aplicação de Biotrac® (B).

Período	Sistemas (S)		Biotrac (B)		CV	P-valor		
	SPS	SSP	Com	Sem		S	B	S × B
1° Ciclo	228,9	410,6	252,7	386,8	43,29	0,009	0,043	0,013
2° Ciclo	115,7	78,5	107,0	87,2	67,2	0,220	0,507	0,137
3° Ciclo	98,8	104,3	104,6	98,5	83,5	0,887	0,875	0,257
4° Ciclo	25,0	27,7	24,7	27,9	190,2	0,903	0,889	0,923

A aplicação do Biotrac® não interferiu na emissão de N<sub>2</sub>O (p>0,05) nos sistemas avaliados (SPS e SSP) (Tabela 2). Thiengo et al. (2020) avaliaram a resposta do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e milho em rejeito de mineração sobre a aplicação bioestimulantes vegetais em diferentes dosagens e observaram melhor absorção de nutrientes dentre eles o manganês (Mn) e o ferro (Fe) do capim-marandu com doses mais altas. Dessa forma, a dose de Biotrac® utilizada pode não ter sido suficiente para melhorar desenvolvimento da forrageira e conseqüentemente interferir na emissão de N<sub>2</sub>O no 1° ciclo do sistema pleno sol.

Ao avaliar os sistemas separadamente não foi observado diferença significativa com e sem aplicação do bioestimulante para o SPS (Tabela 2). Entretanto, houve redução na emissão de N<sub>2</sub>O no SSP com aplicação do Biotrac®, mostrando que o SSP atrelado ao uso do bioestimulante pode reduzir a emissão deste gás. Em sistemas silvipastoris, a utilização do N disponível no solo é maior, devido à alta demanda originada pela pastagem e pelas árvores, diminuindo a quantidade de N disponível que poderia ser fonte de N<sub>2</sub>O (PIVA, 2012).

**Tabela 2.** Emissões cumulativas de N<sub>2</sub>O em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> em pastagens de capim massai em sistema de pleno sol (SPS) e silvipastoril (SSP) com e sem aplicação de Biotrac® (B) durante o 1º ciclo de pastejo.

Sistema	Biotrac		CV
	Com	Sem	
Pleno sol	246,51Aa	211,36Ba	42,8
Silvipastoril	258,62Ab	562,28Aa	

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey com 10% de probabilidade.

Pergher et al. (2013), obtiveram resultados semelhantes ao comparar as emissões de N<sub>2</sub>O sem aplicação de bioestimulante entre monocultivo e sistemas integrados, com valores de 47,6 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e de 21,6 e 13,6 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente. Contudo, os valores médios de emissão obtidos por esses autores foram inferiores aos dessa pesquisa.

Na literatura, existem apenas estudos avaliando as emissões de N<sub>2</sub>O em sistemas integrados ou comparando as emissões entre sistemas de monocultivo e sistemas ILPF (Oliveira et al. (2012), Cruz et al. (2019), Cavalcante et al. (2014), Almeida & Medeiros (2013). Estudos a cerca dessa interação entre a utilização de bioestimulantes e o sistema silvipastoril ainda são escassos. A partir dos resultados obtidos neste presente trabalho, estão lançadas as bases para futuras pesquisas sobre a interação entre o uso de bioestimulantes e sistemas silvipastoris na mitigação de N<sub>2</sub>O.

## **5. CONCLUSÕES**

A utilização do bioestimulante Biotrac® em sistema silvipastoril, reduziu as emissões de N<sub>2</sub>O no 1º ciclo de aplicação. No entanto, seu uso não influenciou nas emissões do sistema a pleno sol e dos demais períodos de aplicação. Necessitando de maiores estudos dessa interação, como a dose a ser aplicada.

## 6. RESUMO

O crescimento populacional mundial tem promovido aumento da demanda por alimentos de origem animal. Além dos desafios no aumento da produção, o setor agropecuário enfrenta também outro desafio: a intensificação das emissões dos gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ). Estratégias como a utilização de bioestimulantes e sistemas silvipastoris vem sendo testadas para a mitigação de  $\text{N}_2\text{O}$ . Objetivou-se avaliar o uso de bioestimulante em diferentes sistemas de produção de forragem (pleno sol e silvipastoril) quanto à emissão de óxido nitroso. O experimento foi realizado de janeiro a maio de 2020, disposto em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos foram os dois sistemas: silvipastoril e pleno sol; e aplicação de Biotrac®: com e sem. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SISVAR. Os efeitos dos tratamentos e suas interações foram avaliados usando o teste F em análise de variância (ANOVA). Comparações múltiplas das médias dos tratamentos, se significativas, foram testadas usando o teste Tukey a 10% de probabilidade. Os fluxos diários tiveram maior variação na emissão durante o 1º ciclo. Nos 2º, 3º e 4º ciclos houve queda nas emissões. No sistema pleno sol, a aplicação do bioestimulante não gerou diferença na emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , já no sistema silvipastoril, a

aplicação do bioestimulante resultou na menor emissão de N<sub>2</sub>O, mostrando uma interação entre sistemas integrados e o uso de bioestimulante. Necessitando de maiores estudos dessa interação, como a dose a ser aplicada.

**Palavras-chaves:** ascophyllum, capineira, gases estufa.

## 7. SUMMARY

The world population growth has promoted an increase in the demand for food of animal origin. In addition to the challenges in increasing production, the agricultural sector also faces another challenge: the intensification of greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>). Strategies such as the use of biostimulants and silvopastoral systems have been tested for N<sub>2</sub>O mitigation. This study aimed to evaluate the use of biostimulants in different forage production systems (full sun and silvopastoral) regarding nitrous oxide emission. The experiment was carried out from January to May 2020, arranged in a completely randomized design with 5 replications, in a 2 x 2 factorial scheme. The treatments were the two systems: silvopastoral and full sun; and application of Biotrac®: with and without. Statistical analyzes were performed using the SISVAR program. The effects of treatments and their interactions were evaluated using the F test in analysis of variance (ANOVA). Multiple comparisons of treatment means, if significant, were tested using the Tukey test at 10% probability. Daily flows had greater variation in emission during the 1st cycle. In the 2nd, 3rd and 4th cycles there was a drop in emissions. In the full sun system, the application of the biostimulant did not generate a difference in N<sub>2</sub>O emission, whereas in the silvopastoral system, the

application of the biostimulant resulted in lower N<sub>2</sub>O emission, showing an interaction between integrated systems and the use of biostimulant. Needing further studies of this interaction, such as the dose to be applied.

**Keywords:** ascophyllum, grass, greenhouse gases.

## 8. REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>> . Acesso em: 13 jul 2021.

ALMEIDA, C. C. **Caracterização Técnica do Sistema de Produção Pecuário da Microrregião do Cariri da Paraíba**. 149 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

ALMEIDA, E. M.; DIJKSTRA, D.; RIBEIRO, F. M.; ZANATA, F. A.; MACHADO, A. S. RIOS, A. D. F. **Uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras**. Nutritime Revista Eletrônica, v.12, n.5, p.4302-4308, 2015.

ALVES, B. J. R. et al. **Emissões de óxido nitroso de solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados em áreas agrícolas**. Seropédia: Embrapa Agrobiologia. 6p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 126), 2010.

ALVES, B. J. R. et al. **Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N<sub>2</sub>O flux from soils.** Soil Biology and Biochemistry, v.46, p.129–135, 2012.

ALVES, B. J. R.; SMITH, K. A.; FLORES, R. A.; CARDOSO, A. S.; OLIVEIRA, W. R. D.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. **Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N<sub>2</sub>O flux from soils.** Soil Biology and Biochemistry, v.46, p.129–135, 2012.

AMARO, H. T. R. et al. **Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento.** Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 26, n. 1, p. 222-242, 2020.

ASSAD, E. D. et al. **Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados.** ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta, 2019.

BAGGS, E.M., PHILIPPOT, L. **Microbial terrestrial pathways to nitrous oxide.** In: Nitrous Oxide and Climate Change, Smith, K (Ed.). Earthscan, London, p.4-35. 2010.

BATEMAN, E. J.; BAGGS, E. M. **Contributions of nitrification and denitrification to N<sub>2</sub>O emissions from soils at different water-filled pore space.** Biology and Fertility of Soils, v.41, p.379-388, 2005.

BAYER, C. et al. **Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista.** Tópicos em ciência do solo, v. 7, p. 55-118, 2011.

BENETT, C. G. S. et al. **Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio.** Ciência e agrotecnologia, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.

BERCHIELLI, T.T; MESSANA, J.D; CANESIN, R.C. **Produção de metano entérico em pastagens tropicais.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.13, n.4, p.954-968, 2012.

BERNOUX, M. et al. **CO<sub>2</sub> emission from mineral soils following land-cover change in Brazil.** Global Change Biology, v.7, p.779-787, 2001.

BORTOLI, M. et al. **Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes**. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 01-06. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522012000100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000100003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 out 2020.

BRAKER, G.; SCHWARZ, J.; CONRAD, R. **Influence of temperature on the composition and activity of denitrifying soil communities**. Fems Microbiology Ecology, v. 73, p. 134- 148, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília – DF, MAPA/ACS, 173 p. 2012.

BUTTERBACH-BAHL, K. et al. **Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls?**. Philosophical Transaction of The Royal Society B 368:20130122. 2013.

CALVO, P., NELSON, L., KLOEPPER, J. W. **Agricultural uses of plant biostimulants**. Plant Soil, 383, 3-41. 2014.

CARDOSO, A. da S. et al. **Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands**. Sustainability, v. 12, n. 16, p. 6656, 2020.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, 2006a. 46p. (Série Produtor Rural, 32). 2009.

CLIMATE WATCH. **Global Historical Emissions**. 2018. Disponível em: <[https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=line&end\\_year=2018&sectors=total-including-lucf&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=line&end_year=2018&sectors=total-including-lucf&start_year=1990)>. Acesso em: 13 jul 2021.

CONGIO, G. F. de S. et al. **Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis.** Journal of Cleaner Production, p. 127693, 2021.

CORRÊA, R. S. **Fluxos de óxido nitroso e suas relações com atributos físicos e químicos do solo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.51, n.9, p.1148-1155, 2016.

COSTA, A. R. da. et al. **Uso do nitrogênio na agricultura e suas implicações na emissão do gás de efeito estufa óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).** (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 249). Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 47 p, 2009.

DAVIDSON, E. A. et al. **Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides.** BioScience, v.50, p.667-680, 2000.

DE LIMA, L. C. **Parâmetros produtivos e qualitativos de *Brachiaria* híbrida submetida aplicação de bioestimulante.** Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. 18f. 2016.

DIAS, L. L. R.; KOVACS, T. A. S.; RIBEIRO, M. G.. **Mitigação dos gases do efeito estufa em bovinos criados a pasto.** Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública, v. 4, p. 169-172, 2017.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: **Definition, concept, main categories and regulation.** Scientia Horticulturae, vol. 196, 3-14, ISSN 0304-4238, 2015.

ESCUER-GATIUS, J. et al. **High-Temperature Hay Biochar Application into Soil Increases N<sub>2</sub>O Fluxes.** Agronomy, 10(1), 109. 2020.

FAO. **Increasing the Contribution of Small-scale Fisheries to Poverty Alleviation and Food Security.** FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome. 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a0965e/a0965e00.htm>>. Acesso em: 23 abr 2021.

FAO. **World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020.** Rome. 2020.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock Primary.** 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 04 maio 2021.

FARIAS NETO, A. L. de et al. **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 823 p. 2019.

HANEY, R. L. et al. **Soil carbon and nitrogen mineralization: influence of drying temperature**. Soil Science Society of America Journal, v.68, p.489-492, 2004.

HANSEN, J. et al. **Global surface temperature changes**. Reviews of Geophysics, v.48, p.1-29, 2010.

IUSS, 2006. World reference base for soil resources 2006. **World Soil Resources Reports**. FAO, Rome, Italy.

LIMA, A, M. de et al. **Sistema Silvipastoril: Vantagens e Desvantagens**. Rev. Conexão Eletrônica, Ciências Biológicas e Ciências da Saúde 501, Três Lagoas, MS, V. 16, nº 1. 2019.

MANZATTO, C. V. et al. **As tecnologias do Plano ABC na mitigação de gases do efeito estufa**. AgroANALYSIS, v. 39, n. 11, p. 30-31, 2019.

MARQUES, E. R.; SIMONETTI, A. P. M.; ROSA, H. A. **Aspectos produtivos do uso de bioestimulantes na cultura da soja**. Acta Iguazu, Cascavel, v.3, n.4, p. 155-163, 2014.

MCTI. **Emissões de GEE Brasil – 3ª Edição - Estimativas anuais**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Brasília – Brazil. 1 p, 2016.

MENDONÇA, F. **Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias**. Revista Terra Livre, v.1, n.20, p.205-221, 2003. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/184/168>>. Acesso em: 07 mai 2021.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

MOSIER, A. et al. **Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms**. Environment, Development and Sustainability v. 6, p. 11–49, 2004.

MOSIER, A. R. **Chamber and isotope techniques**. In: Andreae, M.O., Schimel, D.S. (Eds.), Exchange of Traces Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere: Report of the Dahlem Workshop. Wiley, Germany, pp. 175–187. 1989.

NOGUEIRA, A. K. da S. et al. **Fluxos de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1156-1162, 2016.

NOGUEIRA, A.K. da S. et al. **Emissões de óxido nitroso e metano do solo em áreas de recuperação de pastagens na Amazônia matogrossense**. Química Nova, v.38, p.937-943, 2015.

PELLISSARI, G.; CARVALHO, I. R.; SILVA, A. D. B. **Hormônios reguladores de crescimento e seus efeitos sobre os parâmetros morfológicos de gramíneas forrageiras**. Trabalho de Pesquisa desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen-RS, 2012.

PIVA, J. T. **Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono do Solo em sistemas integrados de produção no sub trópico Brasileiro**. (Tese - doutorado). Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, 97p. 2012.

PRZYBYSZ, A.; GAWRONSKA, H.; GAJC-WOLSKA, J. **Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: case study**. Original research article, v.5, p. 1-15, 2014.

RIZZATTO, D. A. **O uso do sistema silvipastoril**. Dissertação - (Graduando em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rio Grande do Sul. 2016.

RODRIGUES, R. de A. R.; MELLO, W. Z. de. **Fluxos de óxido nitroso em solos com cobertura de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro**. Quím. Nova, São Paulo, v.35, n. 8, p.1549-1553, 2012.

RUDAZ, J., WALTI, E., KUBURZ, G., LEHMANN, P., FUHRER, J. **Temporal variation in N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> fluxes from permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and soil temperature**. Agriculture Ecosystems and Environment, v.73, p.83-91, 1999.

RUGGIERI, A. C., CARDOSO, A. S. **Balço de carbono em sistemas de produo animal: fontes de emissão e opções de mitigação**. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 25. 37-44. 2017.

SEEG - Sistema De Estimativa De Emissões E Remoções De Gases De Efeito Estufa, Observatório Do Clima. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do brasil 1970-2019**. 2020.

SiBCS - **SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF. Embrapa. 356 p. 2018.

SILVA, A. B. da, LANDGRAF, P. R. C., MACHADO, G. W. O. **Germinação de sementes de braquiária sob diferentes concentrações de giberelina**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 2, p. 657-662, mar./abr. 2013.

SIQUEIRA NETO et al. **Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR) – Emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1023-1029, 2009.

SIX, J. et al. **Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: Effects of no-tillage**. Agronomie, v.22, p.755-775, 2002.

SKONIESKI, F. R.; VIEGAS, J.; BERMUDES, R. F. **Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.550-556, 2011.

STEVANOVIĆ, M.; POPP, A.; LOTZE-CAMPEN, H.; DIETRICH, J. P.; MÜLLER, C.; BONNSCH, M.; SCHMITZ, C.; BODIRSKY, B. L.; HUMPENÖDER, F.; WEINDL, I. **The impact of high-end climate change on agricultural welfare**. Science Advances, v. 2, n. 8 , p. 1-9. 2016.

THIENGO, C. C. et al. **Resposta do capim- marandu e milho em rejeito de mineração à aplicação de bioestimulantes vegetais**. Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 31, p.465- 478. 2020.

THOMSON, A. J. et al. **Biological sources and sinks of nitrous oxide and strategies to mitigate emissions**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 367, n. 1593, p. 1157-1168, 2012.

VALENTIM, J. F. et al. **Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.): nova fronteira para diversificação das pastagens no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre (Embrapa Acre. Circular técnica, 41). 16 p. 2001.

VALENTINI, P. V., CASTRO, C. R. T. **A importância do sistema silvipastoril na pecuária leiteira**. PUBVET, Londrina, V. 4, N. 7, Ed. 112, Art. 758, 2010.

VAN DER WEERDEN, T. J.; Luo, J.; Di, H. J.; PODOLYAN, A.; PHILLIPS, R. L.; SAGGAR, S.; KLEIN, C. A. M.; Cox, N.; ETTEMA, P.; RYS, G. **Nitrous 736 oxide emissions from urea fertiliser and effluent with and without inhibitors applied to pasture**. Agric. Ecosyst. Environ., 737 219, 58-70. 2016.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de Stimulate no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. Departamento de Ciências Biológicas, Piracicaba: USP, 2002.

VIEIRA, R.F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Embrapa, Brasília, DF, pp. 163. 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1090589/1/2017LV04.pdf>>. Acesso em: 06 jun 2021.

WRAGE, N., VELTHOF, G. L., VAN BEUSICHEM, M. L., OENEMA, O. **Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide**. Soil biology and Biochemistry, v. 33, n. 12-13, p. 1723-1732, 2001.

YOUNG, B. A. **Greenhouse gases and the animal industries**. Proceedings of the 1st International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Obihiro, Japan, 2001 p 9-14. 2002.

ZANATTA, J. A. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e sistemas de manejo**. 79 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZUMFT, W. G.; KRONECK, P. M. H. **Respiratory Transformation of Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) to Dinitrogen by Bacteria and Archaea**. Advances in Microbial Physiology v. 52, p. 107-227, 2006.