



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB**  
**FACULDADE UNB PLANALTINA - FUP**  
**GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO**

**Protocolo para determinação dos fluxos de N<sub>2</sub>O e concentração  
de N – Mineral no solo em cultivares de café irrigado  
consorciado com Braquiária (*Urochloa Decumbens*):  
Experimento Embrapa Cerrados**

GIOVANA CARDOSO DE ALMEIDA

Brasília – DF

2023

GIOVANA CARDOSO DE ALMEIDA

**Protocolo para determinação dos fluxos de N<sub>2</sub>O e concentração de N – Mineral no solo em cultivares de café irrigado consorciado com Braquiária (*Urochloa Decumbens*):  
Experimento Embrapa Cerrados**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como cumprimento do Estágio Supervisionado Obrigatório e requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gestão do Agronegócio pela Universidade de Brasília, Campus UnB Planaltina.

Orientador (a): Vânia Ferreira Roque Specht

Co - orientador (a): Clarissa Melo Lima

Brasília – DF

2023

*À Deus, meu refúgio e fortaleza em todos os momentos;*

*Aos meus amados pais, que foram os primeiros a me apoiarem nessa trajetória;*

*Ao meu digníssimo esposo, que sempre incentivou meu progresso e nunca permitiu que a desistência fizesse parte dessa história.*

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo fôlego de vida, pela alegria genuína e por ser minha fonte de esperança todas as vezes que os meus sonhos pareciam altos demais;

Aos meus pais, Vilmar Almeida e Denírcia Almeida, por todo empenho dedicado à minha criação, pelo incentivo, pela confiança e por terem me apresentado o amor mais sincero que existe: o amor de Jesus! Vocês são minha inspiração constante de força e superação;

À minha mãe, Vanessa Cardoso, (sou privilegiada por ter duas mulheres incríveis para chamar de mãe) por ter me gerado numa época muito difícil e, apesar disso, não ter desistido. Obrigada por todo apoio e por comemorar cada etapa vencida comigo, mesmo à distância;

Ao meu amado esposo, Matheus dos Anjos, por todo companheirismo dedicado nos últimos três anos. Você é uma das pessoas mais admiráveis que eu conheço, obrigada por me proporcionar experiências únicas e por compartilhar comigo o maior dos milagres: a vida! É um privilégio desfrutar os dias bons com você, mas, principalmente, o consolo nos dias difíceis;

À minha amizade mais antiga, Vitória Cardoso, pelo companheirismo que surgiu ainda na infância e permanece atualmente, você me ensinou a descansar quando as situações ficam difíceis, não a desistir. Como diz os sábios, mais que amigas: *FRIENDS*. Sucesso para nós, sempre;

À Universidade de Brasília, em especial ao Campus da UnB Planaltina e aos professores maravilhosos que dedicaram tempo e recursos na minha formação;

Às pessoas incríveis que conheci e tive a honra de compartilhar da amizade e da parceria durante os quatro anos de graduação, Kamilla de Paula – sempre pautada na tecnologia e nos cálculos, Michelle Bispo – sempre direta e objetiva, Yan Dutra – mais conhecido como “Yan dos Métodos” e Giovanna Moura – parceria formada na reta final. Vocês me proporcionaram ótimas



lembranças e me inspiraram a adquirir novas habilidades acadêmicas, minha graduação não seria a mesma sem a convivência com vocês;

Às minhas orientadoras, Dr<sup>a</sup> Vânia Ferreira Roque Specht e Dr<sup>a</sup> Clarissa Melo Lima, pelas instruções, pelos ensinamentos e pelo profissionalismo ímpar. Foi uma honra ser orientada por doutoras e mulheres tão admiráveis.

À Embrapa Cerrados, pela concessão do Estágio Supervisionado e oportunidade única de trabalhar numa empresa tão importante para a sociedade, referência em pesquisa e desenvolvimento agropecuário;

À Dr<sup>a</sup> Alexandra Duarte, pesquisadora da Embrapa Cerrados, pela supervisão oferecida, pelos conhecimentos repassados e por, prontamente, ter me concedido a oportunidade de trabalhar numa área repleta de descobertas, como a Agrometeorologia;

Aos meus colegas de trabalho na equipe do experimento, por toda assistência e atenção prestada, pelos conhecimentos compartilhados, pelo auxílio e pelos momentos divertidos que passamos juntos, vocês foram fundamentais para a realização bem sucedida deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a TODOS os familiares, amigos e profissionais que fizeram parte da minha trajetória.

*Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar! (BÍBLIA, Josué 1:9)*

## RESUMO

Este relatório é resultado do Estágio concernente à graduação em Gestão do Agronegócio pela Universidade de Brasília, Campus de Planaltina – DF. O cumprimento do plano de trabalho do estágio ocorreu junto à unidade de pesquisa da Embrapa Cerrados. Nesse interim, as atividades dentro da empresa foram pautadas no levantamento de informações a partir de revisão bibliográfica; participação no monitoramento do experimento “Balanço de C e emissão de gases de efeito estufa (GEE) na cafeicultura do Cerrado”, principalmente de N<sub>2</sub>O; construção das câmaras estáticas de coleta de gases e kits de vials; coleta de solos e determinação do N – Mineral em laboratório e preparo de amostras diversas para determinação de nutrientes nas plantas. O objetivo central pautou-se na apresentação dos protocolos utilizados no monitoramento e determinação dos fluxos de N<sub>2</sub>O e N – Mineral no solo na cultura de café, sobretudo, das plantas irrigadas e consorciadas com braquiária decumbens em região de Cerrado. Os resultados iniciais mostram que os fluxos diários de N<sub>2</sub>O variaram de 8,44 a 373,28 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> nos tratamentos SCB e ICB. Após a primeira adubação, observou-se o valor mais elevado no ICB (373,28 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), cerca de 28 vezes maior quando comparado ao SCB (13,25 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), enquanto os tratamentos SSB e ISB apresentavam valores de 33,52 e 62,07 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Em relação ao NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, observou-se teor máximo de 40,39 mg kg<sup>-1</sup> para o tratamento SSB. Já em relação ao NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, os maiores teores foram de 119,57 mg kg<sup>-1</sup>, dois dias após a primeira adubação. Nas condições do Bioma Cerrado em relação a cafeicultura, pode ocorrer a predominância na concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, porém, determinadas práticas de manejo, favorece o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em maior concentração.

**Palavras – chave:** Cafeicultura; Cerrado; Gases de efeito estufa; Óxido Nitroso; N – Mineral; Braquiária Decumbens.

## ABSTRACT

This report is the result of the internship concerning the graduation in Agribusiness Management at the University of Brasilia, Campus Planaltina - DF. The internship work plan was carried out at the Embrapa Cerrados research unit. In the meantime, the activities within the company were based on the gathering of information from literature review; participation in the monitoring of the experiment "Balance of C and emission of greenhouse gases (GHG) in coffee growing in the Cerrado", especially of N<sub>2</sub>O; construction of static gas collection chambers and vials kits; collection of soils and determination of N - Mineral in the laboratory and preparation of various samples for determination of nutrients in plants. The main objective was to present the protocols used to monitor and determine the fluxes of N<sub>2</sub>O and mineral N in the soil in coffee plantations, especially those irrigated and intercropped with *brachiaria decumbens* in a Cerrado region. Initial results show that daily N<sub>2</sub>O fluxes varied from 8.44 to 373.28  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  in SCB and ICB treatments. After the first fertilization, the highest value was observed in ICB (373.28  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ), about 28 times higher when compared to SCB (13.25  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ), while SSB and ISB treatments had values of 33.52 and 62.07  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ . Regarding NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a maximum content of 40.39 mg kg<sup>-1</sup> was observed for the SSB treatment. As for NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, the highest levels were 119.57 mg kg<sup>-1</sup>, two days after the first fertilization. In the conditions of the Cerrado Biome in relation to coffee culture, there may be a predominance in the concentration of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, however, certain management practices, favors the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in higher concentration.

**Keywords:** Coffee-growing; Cerrado; Greenhouse gases; Nitrous oxide; N - Mineral; *Brachiaria Decumbens*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.4 Caracterização da Organização .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
2.1 O Cerrado brasileiro .....	17
2.2 Cafeicultura: aspectos gerais .....	19
2.3 Produção de café no Brasil e sua importância .....	20
2.4 Especificidades da produção de café no Bioma Cerrado .....	22
2.5 Plantio consorciado de café com braquiária .....	25
2.6 Mudanças Climáticas e Emissão de GEE's na Agricultura .....	29
2.7 Emissão de N <sub>2</sub> O em solos agrícolas .....	31
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	35
<b>4. ANÁLISE: Descrição prática</b> .....	37
4.1 Cultivares de café utilizadas no experimento .....	37
4.2 Coletas de N <sub>2</sub> O nas câmaras instaladas no cafeeiro .....	38
4.3 Determinação das variáveis de nitrogênio mineral do solo (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	43
4.4 Manejo da Braquiária.....	49
4.5 Coleta das folhas das plantas de café .....	50
4.6 Adubação NPK realizada no experimento .....	51
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55

## 1. INTRODUÇÃO

O desequilíbrio na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE's) como Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) e Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) é a principal causa do aquecimento global que, conseqüentemente, origina o cenário das mudanças climáticas no mundo. Sabe-se que as emissões de GEE's ocorrem de maneira natural no meio ambiente, entretanto, com o advento da Revolução Industrial e a ascensão do homem na sociedade, as atividades antrópicas tornaram-se a principal causa das emissões significativas de gases com alto fator de aquecimento global (INPE, 2017).

Nesse ínterim, as principais fontes de emissão de GEE estão relacionadas à utilização e queima de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso do solo, produção e consumo de energia, atividades industriais em geral e atividades do setor agropecuário (BAYER, 2011).

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – SEEG (2020), o Brasil ocupa a sexta posição no *ranking* dos países que mais emitem GEE's no planeta, sendo que as formas de utilização da terra e as atividades agropecuárias constituem mais de 2/3 das emissões nacionais. Apenas no ano de 2019, o país emitiu 2,2 bilhões de toneladas de GEE. Nesse sentido, as pesquisas relacionadas ao fluxo de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O no Cerrado têm se destacado com a necessidade de quantificar as emissões de GEE's advindas do setor agrícola, especialmente sobre culturas não fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico que, por sua vez, carecem de fertilização nitrogenada (SIQUEIRA NETO et al. 2011).

Sabe-se que o CO<sub>2</sub> está presente em maior proporção na atmosfera, contudo, o N<sub>2</sub>O possui aproximadamente 300 vezes mais capacidade no que diz respeito à retenção de calor e, ainda, impacta mais a camada de ozônio em virtude de sua permanência na atmosfera por, pelo menos, 150 anos até sua degradação (IPCC, 2007). Diante do cenário, a agricultura assume papel significativo, principalmente, no que se refere as emissões de N<sub>2</sub>O, pois os sistemas de manejo adotados nas atividades agrícolas e a utilização diversa do solo influencia diretamente nos fluxos de N<sub>2</sub>O, uma vez que esse gás faz parte

do ciclo do nitrogênio (ALMEIDA et al., 2015) e é emitido em processos subjacentes à adubação nitrogenada, que é bastante realizada em cultivos perenes de clima tropical, caso dos cultivos cafeeiros.

A cafeicultura representa um setor de grande importância para o Brasil, a cadeia produtiva do fruto oferece a geração de pelo menos 8 milhões de empregos, trazendo benefícios em geração de renda e, posteriormente, qualidade de vida aos trabalhadores do setor. A diversidade de territórios ocupados com o cultivo cafeeiro permite a produção de muitas variedades em função das condições edafoclimáticas específicas de cada região produtora, contudo, as espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* constituem a maior área plantada, além disso, a cafeicultura brasileira possui altos padrões de qualidade e atenção aos aspectos sociais e ambientais, visando garantir uma produção sustentável (BRASIL, 2022).

O Brasil possui condições climáticas que favorecem o cultivo cafeeiro, nesse viés, as plantações no Bioma Cerrado têm se destacado quanto à capacidade produtiva, assumindo 40% da produção nacional do fruto, em virtude dos diferenciais ambientais proporcionados pela região e das tecnologias inseridas nas lavouras (EMATER DF, 2018).

Desse modo, o café está entre as *commodities* agrícolas mais relevantes para a economia brasileira, o potencial produtivo em áreas irrigadas no Cerrado constitui um fator determinante da produtividade, contudo, há necessidade de corrigir e adubar os solos com quantidades elevadas de corretivos e fertilizantes, sendo que o nutriente mais exigido comumente é o nitrogênio (N) (SOARES, 2016). A utilização de fertilizante nitrogenado e calcário, por sua vez, são as fontes que mais contribuem na emissão de GEE's na cafeicultura (OLIVEIRA JUNIOR et al. 2015).

As emissões de N<sub>2</sub>O representam perdas da matéria orgânica no solo e dos fertilizantes aplicados nas lavouras, assim, o monitoramento dos fluxos de GEE's no solo é fundamental, principalmente, em sistemas irrigados e consorciados com braquiária decumbens, visto a interferência que o manejo adotado causa dentro do sistema, podendo elevar substancialmente a emissão

de N<sub>2</sub>O na atmosfera, porém, o cultivo de braquiária nas entrelinhas do cafeeiro possui alto potencial na redução de emissões, uma vez que o nitrogênio contido na palhada da braquiária é liberado gradualmente, logo, as perdas de N são mitigadas (ROCHA et al., 2016).

Portanto, o acompanhamento das variáveis edafoclimáticas que interferem nas cultivares de café irrigado e consorciado com braquiária decumbens no Cerrado, como temperaturas, umidade do solo, precipitação, potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio mineral, porosidade e atuação de microrganismos são determinantes para o monitoramento das emissões de GEE's. Ademais, a identificação das formas de manejo relacionados à irrigação e à adubação se caracterizam como ações fundamentais para a quantificação dos fluxos de Óxido Nitroso da produção cafeeira em territórios de Cerrado (SIGNOR e CERRI, 2013).

### **1.1 Objetivo geral**

Apresentar os protocolos utilizados no monitoramento e determinação dos fluxos de N<sub>2</sub>O e N – Mineral no solo na cultura de café, sobretudo, das plantas irrigadas e consorciadas com braquiária decumbens em região de Cerrado, durante o período de estágio.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar a área destinada à realização do experimento;
- Auxiliar na construção das câmaras de coleta de gases e kits de vials;
- Descrever o protocolo de coletas de N<sub>2</sub>O nas câmaras estáticas dos tratamentos;
- Descrever o protocolo seguido no campo e no laboratório para a determinação das variáveis de nitrogênio mineral do solo;
- Descrever o protocolo de preparo no laboratório para determinação da umidade do solo;
- Auxiliar no preparo de amostras para determinação de nutrientes nas plantas de café;
- Descrever o protocolo seguido para o período de adubação NPK realizada no experimento.



### 1.3 Justificativa

A cultura do café está entre as mais importantes *commodities* agrícolas do Brasil e ainda demonstra potencial significativo para expansão em áreas irrigadas no Cerrado (SOARES, 2016), entretanto, as regiões de Cerrado possuem muitas deficiências de solo, reverberando no aumento das produções agropecuárias dependentes de corretivos e fertilizantes, nesse sentido, um dos nutrientes mais exigidos nas plantações é o N, elevando diretamente a utilização de fertilização nitrogenada, como a ureia, no setor agrícola (LOPES; GUILHERME, 2016).

A cultura demanda um quantitativo elevado de fertilizações anuais, contribuindo para a concentração de N<sub>2</sub>O na atmosfera (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2015). Nesse viés, o consórcio entre a cultura do café e a braquiária constitui potencial solução para mitigar as emissões de N<sub>2</sub>O, afinal, o N contido na palhada da braquiária é liberado gradualmente (ROCHA et al, 2016). Logo, a relevância de empregar recursos para o desenvolvimento de pesquisas que mensurem, monitorem e proponham soluções para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa nas lavouras cafeeiras, principalmente sob irrigação.

### 1.4 Caracterização da Organização

Criada em 1973 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) possui como objetivo atuar no desenvolvimento de tecnologias para a agricultura, focando na inovação e geração de conhecimento que promovam a segurança alimentar brasileira e, em concomitância, alavanque o país no cenário internacional, ofertando alimentos, fibras e energia de qualidade.

Neste aspecto, o endereço eletrônico institucional da Embrapa<sup>1</sup> traz pontos importantes para a caracterização da organização que conversam diretamente com o planejamento estratégico da empresa, elencando a missão, visão e valores. Referente a missão, apresenta a postura de “viabilizar soluções

---

<sup>1</sup> Sobre a Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/sobre-a-embrapa> Acesso em 03 jan. 2023

de pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira”, estando em conformidade ao objetivo citado anteriormente. Ademais, a visão acrescenta na missão, ao adicionar o fator temporal, informando que a organização espera “ser protagonista e parceira essencial na geração e no uso de conhecimento para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira até 2030” e finaliza destacando seis valores que fundamentam a sua atuação, que dizem respeito à: (I) Confiança e integridade; (II) Respeito; (III) Conectividade; (IV) Inovação; (V) Excelência; e (VI) Sustentabilidade.

Mediante o exposto, é válido destacar que, atualmente, a Embrapa possui 42 unidades espalhadas pelo Brasil, sendo que o estágio foi realizado na Embrapa Cerrados, unidade criada em 1975 e localizada no Distrito Federal na região administrativa de Planaltina - DF, com o propósito de viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura no Bioma e, conseqüentemente, acelerar a produção nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e no Distrito Federal, difundindo os conhecimentos para os produtores rurais e, assim, transformando o Cerrado em uma das maiores fronteiras agrícola do mundo, graças às soluções tecnológicas pesquisadas e desenvolvidas na unidade.

Com o objetivo de desenvolver tecnologias assertivas, no período correspondente à criação da empresa, foram realizados diagnósticos para identificação dos principais gargalos na região, sendo que foram apontados 06 limitações significativas com o levantamento: (I) informações generalizadas e escassas em relação a disponibilidade de recursos naturais, suporte indispensável à um programa de desenvolvimento regional; distribuição irregular das chuvas e veranicos durante a fase reprodutiva das lavouras; baixa fertilidade dos solos (carência generalizada de cálcio, fósforo, magnésio e potássio, baixa atividade química e troca de cátions, alta saturação de alumínio); manejo deficiente – alto potencial de degradação dos solos; incidência de pragas e doenças em áreas de monocultivo; e entraves de conhecimentos quanto às especificidades ambientais da região, além das características econômicas e sociais.

De forma a gerar inovações no setor e solucionar os principais gargalos identificados, a Embrapa Cerrados atua em três áreas de pesquisa<sup>2</sup> que se complementam para atender as especificidades da região e auxiliar no crescimento do setor agropecuário, estando definidos em: recursos naturais e ambientais; sistemas de produção vegetal e ciência animal, além de estarem apoiados pelos núcleos temáticos de: (I) Manejo e Conservação dos Recursos Naturais (MCRN); (II) Sistemas de Produção Animal (NPA); e (III) Sistema de Produção Vegetal (NPV), contando também com o Núcleo de Apoio à Programação (NAP).

Em relação à infraestrutura disposta para a realização das pesquisas, a empresa possui 2.130 hectares de área experimental, inclusos os 700 hectares permanentes destinados às reservas ecológicas. Além disso, há disponibilidade de 12 bancos de germoplasma, viveiros de plantas, 11 núcleos de apoio às pesquisas, 08 casas de vegetação e 25 laboratórios para preparação e análise de diversas amostras.

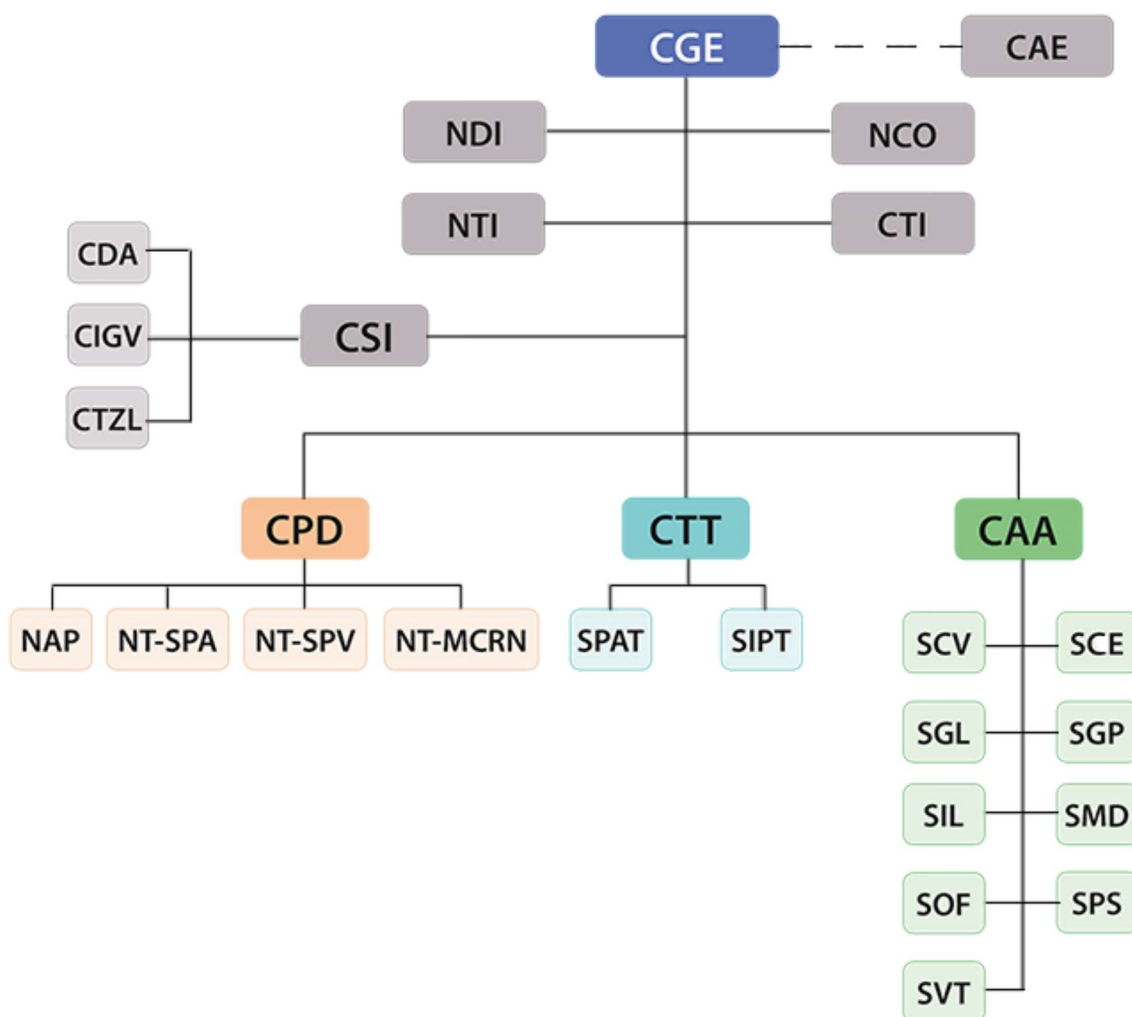
Logo, o organograma<sup>3</sup> a seguir apresenta a estrutura organizacional da Embrapa Cerrados, na qual está composta pela: Chefia Geral (CGE), Comitê Assessor Externo (CAE), Coordenadoria Administrativa de Suporte à Inovação (CSI), Chefia Adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento (CPD), que engloba os núcleos temáticos, Chefia Adjunta de Transferência de Tecnologia (CTT) e a Chefia Adjunta de Administração (CAA).

---

<sup>2</sup> P&D. Disponível em: <https://www.embrapa.br/Cerrados/pesquisa-e-desenvolvimento> Acesso em 03 jan. 2023

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.embrapa.br/Cerrados/organograma> Acesso em 03 jan. 2023

Figura 1- Organograma da Embrapa Cerrados



Fonte: Endereço eletrônico da Embrapa Cerrados

A unidade é responsável pela realização de programas diversos, dentre os quais é desenvolvido o projeto “Balanço de C e emissão de gases de efeito estufa (GEE) na cafeicultura do Cerrado”, do qual a discente participou no período concernente ao estágio obrigatório. O projeto vinculado à Embrapa Café, busca promover soluções para inovação e atividades a partir do Sistema de Gestão do Consórcio Pesquisa Café – ConCafé, ademais, o objetivo geral é monitorar os fluxos de GEE’s no solo e estimar o balanço de C no solo sob cultivo de café irrigado e consorciado com braquiária decumbens no Cerrado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Cerrado brasileiro

O Cerrado é caracterizado como o segundo maior Bioma do Brasil, constituindo – o com aproximadamente  $\frac{1}{4}$  da extensão territorial, sendo que sua formação é predominante no Planalto Central brasileiro. Nesse cenário, o Cerrado apresenta alta biodiversidade de fauna e flora, consistindo em uma savana tropical riquíssima, abrigando 30% dos diversos seres vivos identificados no país. Além disso, é composto por uma diversidade vegetal de pelo menos 12.385 espécies de plantas, das quais, em média, 4.400 são endêmicas – originárias da região, sua formação vai desde campos abertos até densas florestas (Ministério do Meio Ambiente, 2007).

Em relação ao clima, definido como tropical, apresenta uma estação chuvosa, entre os meses de outubro a abril e uma estação seca, entre os meses de maio a setembro, com precipitação média de 1.500 mm (FERNANDES, 2012); as temperaturas médias anuais variam entre 18°C (mínima de 08°C) a 27°C (máxima de 34°C).

Ainda, o Cerrado é responsável por abastecer 8 das 12 regiões hidrográficas do Brasil, demonstrando sua capacidade aquífera, em virtude das diversas nascentes já identificadas no Bioma (Ministério do Meio Ambiente, 2007). Entretanto, segundo o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), devido ao clima predominantemente tropical, em períodos de estiagem prolongados

[...] a quantidade média de chuva atinge 30 mm, podendo chegar à zero. Sendo uma unidade ecológica típica da zona tropical, possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical e de continentes como África e Austrália (IBRAM, 2018).

Desse modo, a paisagem no Bioma Cerrado é originada de um complexo vegetacional que apresenta uma alta biodiversidade, sendo que diversos fatores podem influenciar essa relação, tais como:

[...] o clima; fertilidade e pH do solo; disponibilidade de água; geomorfologia e topografia; latitude; frequência de fogo e fatores

antrópicos; além da interação complexa entre eles. A grande variedade desses fatores no Cerrado faz com que este apresente um mosaico vegetal com várias fitofisionomias, que englobam formações florestais, formações savânicas e formações campestres (IBRAM, 2018).

Quanto a distribuição geográfica, sabe-se que o Cerrado ocupa pelo menos 23% do território nacional, assim, conforme Fernandes et al. (2012, p. 01), sua distribuição se dá “principalmente nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão, São Paulo e Distrito Federal [...]. Possui, também, ligações com outros Biomas existentes no País [...]”, nesse viés, Amorim (2017, p. 3) afirma que

O Cerrado atua como uma conexão com outros Biomas, é um elo entre a Mata Atlântica, a Amazônia, a Caatinga e o Pantanal. Ao compartilhar espécies com os demais Biomas, o Cerrado se torna um local de alta diversidade sendo considerado a savana mais rica em biodiversidade do planeta (AMORIM, 2017, p. 03).

Em relação aos solos do Bioma, existe alta variação em suas especificidades morfológicas e físicas, sendo que os latossolos constituem cerca de 54% do Cerrado, esse tipo de solo, geralmente, tem maior déficit de nutrientes, maior intemperização, menor capacidade para a troca de cátions, acidez acentuada e elevada toxidez de Al (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985); o relevo plano e suave predomina em pelo menos 70% da superfície, juntamente às condições de drenagem ideais em 89% do território (Silva et al. 2003).

Do exposto, infere-se que o Cerrado é responsável por contribuir de diversas formas para a sociedade, pois, além de importância ambiental e social, fornece bens e serviços ecossistêmicos, como o provimento de fluxos hídricos entre as regiões brasileiras. Diante disso, Amorim (2017, p.11) elucida que

A preservação do Cerrado é imprescindível devido à importância de seus serviços ambientais: sua vegetação é um enorme sumidouro de carbono, o desmatamento do Bioma ocasiona um desequilíbrio, agravando o efeito estufa; é berço da maior parte das nascentes da porção oriental da América do Sul; o empobrecimento de seus solos

acarretará a diminuição da produtividade agrícola do país (AMORIM, 2017, p. 11).

Assim, é notória a importância do Bioma Cerrado para a biodiversidade global, uma vez que seus serviços ecossistêmicos são indispensáveis para a manutenção do equilíbrio da fauna, da flora, dos aspectos hidrológicos e do clima mundial.

## **2.2 Cafeicultura: aspectos gerais**

A cafeicultura trata-se de um segmento da agricultura que agrega as etapas de produção, colheita, processamento, beneficiamento, armazenamento, comercialização e distribuição do fruto denominado café. O cafeeiro, por sua vez, é uma cultura perene de clima tropical inserida na família das *Rubiaceas* e no gênero *Coffea*, que é representado por mais de 100 espécies.

Nesse interim, apesar da alta variabilidade de espécies, o interesse econômico é perceptível comumente nos frutos do *Coffea arabica* (café arábica) e nos frutos do *Coffea canephora* (café robusta), representando 70% e 30% da produção mundial, respectivamente (CONAB, 2022).

O cafeeiro foi considerado por décadas como uma simples *commoditie*, afinal, tratava-se de uma mercadoria com baixo valor agregado, pois os padrões de qualidade eram baixos e buscava-se, primordialmente, a obtenção de ganhos em escala visando apenas a lucratividade (BRASIL, 2022). Entretanto, o mercado consumidor expandiu, as tecnologias de produção evoluíram, surgiram certificações de qualidade e a ideia de cafés especiais foi inserida no mercado cafeeiro, conceito responsável por agregar alto valor a denominada *commoditie* e garantia de origem aos frutos, tornando-se um produto muito apreciado entre os brasileiros e motivação de diversos estudos na comunidade científica, afinal, a cultura do café promove a geração de riqueza, postos de trabalho e, conseqüentemente, qualidade de vida (BRASIL, 2022).

### 2.3 Produção de café no Brasil e sua importância

A origem da cultura cafeeira no Brasil remonta desde o século XVIII, os registros mostram que as primeiras mudas foram plantadas em solo brasileiro por volta de 1720 na província do Pará, nesse viés, as primeiras lavouras representativas de cafeicultura originaram-se na Baixada Fluminense e no Vale do Rio Paraíba, nas províncias do Rio de Janeiro e de São Paulo. As condições edafoclimáticas das regiões brasileiras propiciaram a expansão da produção de café, visando atender as demandas do mercado consumidor europeu e estadunidense. Já em meados de 1837, a cultura cafeeira tornou-se um segmento muito significativo economicamente, pois o café assumia a liderança de exportações do Brasil Império.

Apesar do histórico relacionado a exploração de mão de obra escrava nas produções de café, ainda hoje essa “é uma cadeia produtiva de grande importância econômica, cultural, histórica e social, que trouxe desenvolvimento para o nosso Brasil e que por isso merece toda a atenção de estudos que retratem sua importância” (NOGUEIRA e NEVES, 2015, p. 1). Conforme Silva (2022, p. 15) “a cafeicultura brasileira apresenta grande importância na geração de empregos, recursos e divisas, sendo bastante diversificada, com particularidades regionais. [...]”. Desse modo, a produção de café brasileira é caracterizada como uma das mais exigentes no cenário mundial, preconizando os aspectos sociais e ambientais, a fim de obter uma produção mais sustentável e rigorosa à legislação trabalhista (BRASIL, 2022).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), o Brasil representa 1/3 da produção mundial de café, posição que confere ao país o status de maior produtor no mercado mundial, maior exportador e, também, o segundo lugar no *ranking* consumidor da bebida (ABIC,2021).

Conforme Moreira et al (2019, p. 6), “o café, como *commoditie*, sofre com variações significativas dos preços praticados, que refletem as condições de oferta e demanda tanto nacionais quanto globais” mas, ainda assim, apenas em 2022, a produção de café no Brasil foi estimada em 50,38 milhões de sacas, conforme o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB),



no qual consta um crescimento de 0,6% da área total produzida em relação ao ano de 2021, o aumento se deve, em parte, aos ajustes ocorridos após a identificação de áreas que foram erradicadas em virtude de efeitos adversos das mudanças climáticas (CONAB, 2022).

O terceiro levantamento da CONAB realizado em 2022 para estimativa da produção cafeeira no Brasil demonstra que,

A área destinada à cafeicultura nacional em 2022 é de 2,24 milhões hectares, sendo 1,84 milhão de hectares para lavouras em produção e 402 mil hectares de área em formação, o que representa leve aumento de área total cultivada em comparação à safra passada. A produtividade média nacional de café [...] é projetada em 27,4 sacas por hectare, 3,7% maior em relação ao ano anterior. No entanto, apesar da recuperação registrada, o aumento é inferior ao esperado para 2022 por ser um ano de bionalidade positiva (CONAB, 2022).<sup>4</sup>

A redução do quantitativo esperado para a produção de café se deu em virtude do clima adverso que impactou negativamente as produtividades dos ciclos de 2020 e 2021, tanto pelas longas estiagens quanto pelas fortes geadas registradas nas principais regiões produtoras da cultura, ou seja, o “déficit hídrico severo e geadas pontuais foram os responsáveis pela diminuição do potencial produtivo das lavouras de café na maioria das regiões produtoras” (CONAB, 2022). Entretanto, a extensão territorial destinada à produção de café é bastante significativa e demonstra o alto potencial do Brasil nesse mercado.

Hodiernamente, os maiores estados cafeicultores em território nacional são: Minas Gerais, produzindo 24,79 milhões de sacas de café beneficiado; Espírito Santo, com 16,45 milhões de sacas; São Paulo, com 4,43 milhões; Bahia com 3,64 milhões; Rondônia, com 2,64 milhões de sacas; e Paraná, detendo 552,9 mil sacas de 60kg (EMBRAPA CAFÉ, 2022). Nesse sentido, destaca-se as diversas oportunidades existentes no setor cafeeiro para o Brasil.

---

<sup>4</sup> Produção de café está estimada em 50,38 milhões de sacas na safra 2022. CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4758-producao-de-cafe-esta-estimada-em-50-38-milhes-de-sacas-na-safra-2022>. Acesso em 24 de nov. de 2022.

Assim, “o grande destaque para cafeicultura nacional são as condições climáticas, de solo, relevo e acesso a água ideais para o cultivo do café por se tratar de estruturas semelhantes à Etiópia, região originária do café” (NOGUEIRA e NEVES, 2015, p. 140).

Além disso, a localização geográfica do país proporciona “eficiente sistema de exportação para os países tradicionais como União Europeia e EUA” (NOGUEIRA e NEVES, 2015, p. 140).

Ainda, o cafeicultor brasileiro diferencia-se quanto as técnicas de manejo adotadas nos cultivos, investindo em implantação de tecnologias e sistemas de produção avançados, além de preconizar investimentos em pesquisas que melhoram a produtividade das culturas (NOGUEIRA e NEVES, 2015). Outros fatores que constituem oportunidades no setor podem ser citados, como a alta aceitabilidade dos consumidores, que tem elevado o crescimento do mercado interno, incremento constante em qualidade dos frutos e reconhecimento de origem, fatores que ampliam os mercados para escoamento da produção e impulsionam a competitividade do setor. Portanto, conforme Moreira et al (2019, p. 13) “embora seja uma cultura de importância histórica e tradicional no Brasil, a dinâmica da produção cafeeira segue em transformação.”

#### **2.4 Especificidades da produção de café no Bioma Cerrado**

Sabe-se que o mercado cafeeiro do Brasil possui importância significativa para a geração de empregos e formação de recursos, mediante as particularidades regionais dos locais de produção, nesse interim, a cafeicultura no Cerrado se caracteriza apresentando produtividade superior à média nacional e quanto a utilização eficiente de insumos agrícolas, irrigação, genótipos apropriados e mecanização.

Assim, a produção de café no Cerrado assume quantitativos formidáveis para o mercado brasileiro, em virtude da alta produtividade (FERNANDES, 2012) que, segundo Fernandes (2012, p. 2), “[...] está associada, principalmente, a uma cafeicultura moderna, com utilização apropriada de irrigação, mecanização (topografia favorável) e adubação, dentre outras práticas agrícolas [...]”.

Conforme a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (EMATER-DF, 2018), somente em Brasília é possível colher em média 60 sacas de café/hectare, sendo uma das maiores produtividades na capital, “[...]contribui para isso o tipo diferenciado de cultura local, que é totalmente irrigada, garantindo a quantidade ideal de água para a produção [...]”<sup>5</sup>. Associado beneficemente a esses fatores, há ainda as condições edafoclimáticas do Cerrado como aspecto fundamental para o excelente potencial de produção da *commoditie*, uma vez que

A definição das estações climáticas, com verão quente e úmido e inverno ameno e seco (condições importantes para a produção de excelente qualidade de café), constitui-se no grande trunfo do Cerrado. Esta condição climática ocorre pelo fato de o Cerrado estar em área continental, o que possibilita padrões de chuva diferentes dos que ocorrem em outras regiões produtoras de café, no Brasil, que sofrem influência direta das massas oceânicas (FERNANDES, 2012, p. 2).

De acordo com o autor, as médias de produtividade são elevadas, também, devido a implementação de irrigação nos cultivos, pois o número de sacas obtidos por hectare são até cinco vezes maiores se comparado aos cultivos de sequeiro. Em confirmação, dados levantados pela EMATER DF (2018) apontam que, em termos de produção, o Cerrado se destaca ao demonstrar capacidade de produzir aproximadamente 40% do volume nacional de café, nesse viés, a implementação de cultivos irrigados é comumente adotada nas propriedades agrícolas, pois o manejo da irrigação favorece floradas mais uniformes, permitindo, assim, a maturação da maior parte dos frutos no mesmo período.

Consoante, Silva (2022, p. 11) elucida que “[...] o uso da irrigação [...] constitui como ferramenta fundamental para um bom desenvolvimento do café nesta região, uma vez que não se recomenda plantar em sequeiro neste Bioma, devido ao longo período sem precipitações.” Além disso, a autora afirma que

---

<sup>5</sup> Produtividade do café no DF é uma das maiores do país. **EMATER DF**, 2018. Disponível em: < <https://www.emater.df.gov.br/produtividade-do-cafe-no-df-e-uma-das-maiores-do-pais/>>. Acesso em: 02 de dez. de 2022.

Vários são os benefícios que podem ser observados na prática da irrigação, sendo as principais: o aumento da produtividade com eficiência no uso da água de duas a três vezes maiores do que os obtidos com agricultura de sequeiro; redução do custo unitário de Produção [...] (SILVA, 2022, p. 17).

Afinal, em determinadas regiões, como no caso do Bioma Cerrado, a irrigação dos plantios cafeeiros é fundamental tanto pelos períodos de veranicos – época na qual a cultura necessita de mais água, quanto pelos eventos climáticos (SILVA, 2022).

Em relação a escolha das variedades e das linhagens das plantas para o cultivo no Cerrado, destaca-se a necessidade de concomitância com a definição do espaçamento, manejo planejado e condições climáticas, uma vez que a variedade e a linhagem trocam interações com o meio ambiente. Além disso, o plantio de café no Cerrado exige atenção aos seguintes fatores: vigor, capacidade produtiva, qualidade dos frutos e grãos, tolerância à pragas e doenças inerentes aos cultivos (FERNANDES, 2012). A observação desses fatores é fundamental, pois

A cultura do café é, normalmente, afetada, nas suas fases fenológicas, pelas condições ambientais, como variação fotoperiódica, altitude e latitude, que originam diferentes condições meteorológicas, interferindo, principalmente, na distribuição pluviométrica e temperatura do ar, com reflexos não apenas na fenologia, mas, também, na produtividade e qualidade da bebida (FERNANDES, 2012, p. 3).

Desse modo, o Cerrado possui muitas potencialidades e diferenciais que agregam valor à produção de café, pois as condições ideais obtidas favorecem a obtenção de plantas e frutos saudáveis e bebidas com palatabilidade aceitável na perspectiva do consumidor. Conforme ressalta Silva (2022, p. 11) a respeito da importância da cultura

[...] houve um aumento no consumo de café acompanhado por uma maior exigência dos consumidores por uma bebida de qualidade mais refinada, o que leva as indústrias a colocar no mercado cafés com qualidade superior, e ao mesmo tempo, resulta na adequação dos

produtores a esse novo padrão de exigência. Visando esse novo mercado, os produtores têm buscado utilizar tecnologias de produção diferenciadas em suas lavouras, o que tem influenciado significativamente a qualidade dos grãos e o crescimento na receita desses produtores (SILVA, 2022, p. 11).

Em suma, Fernandes (2012) elucida que a produção cafeeira no Cerrado é altamente desenvolvida quanto à tecnologia empregada, afinal, exerce padrão elevado devido, não somente, ao clima favorável mas, também, eficiente mecanização implantada nas etapas de produção, irrigação, práticas fitossanitárias, culturais e nutricionais, por conseguinte, obtém-se altas produtividades e qualidade do café cultivado.

## **2.5 Plantio consorciado de café com braquiária**

A braquiária é caracterizada como uma gramínea do gênero *brachiaria*, originária do continente africano, sua disseminação em solo brasileiro se deu, principalmente, em áreas de Cerrado como espécie forrageira muito utilizada para formação de pastos na pecuária. As espécies existentes são diversas, mas as braquiárias híbridas mais utilizadas no setor agrícola são: *Brachiaria Brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* e *Brachiaria Ruziziensis*.

Baptistella (2020. p. 11) afirma que “a espécie de braquiária ideal para o consórcio com o cafeeiro ainda não é um consenso entre os técnicos, pois existem diferenças interespecíficas que podem ser mais desejáveis dependendo do sistema adotado”. Contudo, a *Brachiaria decumbens* é a mais utilizada em região de Cerrado, visto sua capacidade de adaptabilidade ao clima tropical e aos solos deficientes quanto à fertilidade.

Hodiernamente, a cultura é amplamente utilizada no setor agrícola como planta de cobertura nas entrelinhas de cultivos perenes, nesse viés, são realizados consórcios diversos com o objetivo de proporcionar ganhos aos produtores e ao meio ambiente, visto os benefícios que podem ser alcançados

através da prática (EMBRAPA, 2021).<sup>6</sup> Desse modo, a inserção da braquiária nos cafezais se deu como alternativa às perdas de produtividade decorridas da invasão de plantas daninhas e/ou exposição do solo à radiação solar, impactos da chuva e ação dos ventos, fatores prejudiciais a cultura do café (RAGASSI, 2013).

Conforme o autor, as vantagens potenciais do consórcio entre o cafeeiro e a braquiária são diversas, de modo que os resíduos da cultura podem ser utilizados como fonte de nutrientes para o cafezal, a cobertura de solo nas entrelinhas da plantação inibe o desenvolvimento de plantas daninhas, ocorre manutenção e equilíbrio de temperatura e umidade do solo, beneficiando o crescimento da planta (RAGASSI, 2013).

A cultura da braquiária tem capacidade de produzir 5 t de biomassa por hectare/ ano nas entrelinhas da cultura, proporcionando 70 kg de nitrogênio (N) e 8 kg de potássio (K<sup>2</sup>O) por hectare, além disso, a forrageira possui associações com microrganismos diversos do solo, tornando a cultura mais eficiente que o cafeeiro quanto à capacidade de absorção de fósforo (P) do solo (RAGASSI, 2013).

Para Baptistella (2020), a cultura do café no Brasil sofre diversos estresses, pois os cultivos são realizados, em sua maioria, em solo descoberto com alta incidência de raios solares, provocando temperaturas elevadas no solo e déficit hídrico, por outro lado, Borges (2018, p. 25) elucida o diferencial da inserção de braquiária aos cultivos de café, pois “o solo cultivado com braquiária permanece coberto o ano todo”, em concordância, Baptistella (2020, p.8) destaca que

O consórcio promove vários benefícios, dentre eles a solubilização e ciclagem de nutrientes como o fósforo (P). Nesse sistema, a braquiária, que cresce na entrelinha do cafezal, é roçada e seus resíduos depositados sob a saia do cafeeiro. Por possuir um sistema radicular

---

<sup>6</sup> Braquiária na entrelinha do café traz ganhos ao produtor e ao meio ambiente. **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60899851/braquiaria-na-entrelinha-do-cafe-traz-ganhos-ao-produtor-e-ao-meio-ambiente> >. Acesso em: 07 de dez. de 2021.

que explora grande volume de solo, a braquiária seria capaz de absorver nutrientes fora da zona de alcance do cafeeiro, disponibilizando-os após a descarga ao mesmo e aumentando a ciclagem de nutrientes (BAPTISTELLA, 2020, p. 8).

Consoante, Borges (2018) entende que, como planta de cobertura, a braquiária possui excelente perenização, facilidade de manejo, efeito supressivo sobre demais plantas invasoras e taxa de crescimento elevada dentro de condições favoráveis que, conseqüentemente, aumentam o potencial de cobertura do solo.

Mediante a afirmação de Fialho (2011, p. 2), as vantagens do manejo integrado da cultura em lavouras cafeeiras também incluem “produção de grande quantidade de material vegetal de lenta decomposição, aumento do teor de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes, manutenção da umidade e da temperatura do solo e redução da sua erosão”. Portanto, a relevância agrônômica de consórcios adequados (FIALHO, 2011).

Em suma, os benefícios proporcionados pelo plantio consorciado de café com braquiária podem ser atingidos a partir do manejo eficiente das culturas, afinal, esse sistema possui fácil implementação e custo reduzido. Nesse ínterim, Rocha (2014, p. 29) destaca que

[...] mesmo diante do fato de ser considerada planta invasora, para maioria das culturas perenes cultivadas no Cerrado, a braquiária demonstra alto potencial para cobertura das entrelinhas dos cafeeiros, devido a aspectos como: adaptabilidade às condições locais; arquitetura com porte e hábito de crescimento adequados ao sistema produtivo de café; perenidade e facilidade de ressemeadura natural; rusticidade e à sua facilidade de manutenção associada à sua resistência à rotina de mecanização necessária nas lavouras de café (ROCHA, 2014, p. 26).

Além disso, a utilização da braquiária nas entrelinhas de cultivos cafeeiros demonstrou redução de pelo menos 40% na utilização de herbicidas, de máquinas e de equipamentos agrícolas (ROCHA, 2014).

Outros fatores como o favorecimento do estoque de carbono nas camadas superficiais do solo, estruturação do solo e melhoria de suas propriedades, armazenamento e reciclagem de nutrientes, atuação como barreira física para ventos fortes nas lavouras novas e redução da evapotranspiração do cafeeiro que, conseqüentemente, ocasiona na economia de recursos hídricos, sendo possível aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo em até 20% devido a ação agregadora das raízes, a disponibilidade de matéria orgânica e a atividade microbiológica podem ser acrescidos aos benefícios do consórcio realizado corretamente (CARVALHO, 2018).

Em contrapartida, segundo Ragassi (2013), podem existir desvantagens potenciais na utilização de plantios consorciados, uma vez que ambas as espécies podem competir no terreno por água, luz e nutrientes. Ainda,

Há relatos de que o cafezal perde produtividade em razão da liberação de substâncias alelopáticas. No entanto, não foi comprovado cientificamente que a braquiária cause esse efeito sobre o café. O mais provável é que haja competição por água e nutrientes, caso não seja mantida uma faixa mínima de 50 cm entre as duas espécies, em lavoura adulta (RAGASSI, 2013, p. 4).

Diante da premissa, Borges (2018, p. 66) elucida que “[...] a braquiária na entrelinha do cafeeiro [...] pode ser cultivada como planta de cobertura sem necessidade de aumentar a quantidade de água, desde que manejada para não competir por água e nutrientes com a cultura”. Ademais, as precauções devem ser concentradas em manter o plantio da braquiária essencialmente nas entrelinhas, a fim de prevenir a competição da cultura com o cafeeiro, além de monitorar a existência de água no solo, ainda, intervenções em época de seca e longos veranicos são recomendadas (ROCHA, 2014).

Portanto, não há evidências que impeçam definitivamente o consórcio entre café e braquiária, pois as possíveis desvantagens relacionadas à competição entre as culturas são passíveis de correção com manejo adequado para alocação dos nutrientes necessários a cada espécie.



## 2.6 Mudanças Climáticas e Emissão de GEE's na Agricultura

Conforme estabelece a Organização das Nações Unidas (ONU), as mudanças climáticas ocorrem a partir de transformações duradouras nos parâmetros que determinam a temperatura e o clima comumente registrados.

Essas mudanças podem ocorrer naturalmente decorrente das variações comuns da natureza, contudo, nos últimos dois séculos, as atividades antrópicas relacionadas à queima de combustíveis fósseis, às atividades agropecuárias e ao setor industrial têm constituído os principais propulsores das mudanças climáticas no mundo, afinal, a emissão de GEE's como Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) e Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) vem aumentando exponencialmente conforme a população mundial aumenta com projeção de 9,7 bilhões em 2050. (ONU, 2022).

As consequências desses desequilíbrios na atmosfera são diversas, incluindo secas intensas, escassez de água, incêndios severos, elevação do nível marítimo, inundações, descongelamento das geleiras polares, tempestades catastróficas e perdas de biodiversidade (ONU, 2022).

Segundo as pesquisas realizadas por BAYER (2011) relacionadas a emissão de GEE's e sua mitigação em solos agrícolas, mundialmente, a agricultura corresponde com aproximadamente 22% das emissões totais de CO<sub>2</sub>, 55% das emissões de CH<sub>4</sub> e 80% das emissões de N<sub>2</sub>O. Já no Brasil, BAYER (2011, p. 28) elucida que

[...] como reflexo da importância da agricultura como atividade econômica, estima-se que 75% das emissões de CO<sub>2</sub>, 94% das emissões de N<sub>2</sub>O e 91% das emissões de CH<sub>4</sub> sejam oriundas de atividades agrícolas, incluindo a conversão de florestas para uso agrícola. Essas elevadas emissões de GEE atribuídas à agropecuária nacional suscitam uma polêmica discussão quanto a sua sustentabilidade (BAYER, 2011, p. 28).

Nesse interim, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações reforça e confirma que as atividades agropecuárias realizadas no Brasil correspondem com, pelo menos, 28% das emissões de GEE's na atmosfera, contudo, somadas

as emissões advindas das mudanças quanto à utilização de território, esse quantitativo ultrapassa o valor de 70% (MCTI,2020).

Quanto à agricultura, além de se caracterizar pelo alto potencial relacionado às emissões de GEE's que contribuem para o aquecimento global, trata-se de uma atividade fortemente vulnerável às mudanças climáticas, dessa forma, outras consequências como substituição de florestas tropicais por savanas e de vegetação semiárida por árida; extinção de habitat e de espécies, principalmente em regiões tropicais; e aumento de pragas em culturas agrícolas podem inviabilizar a produtividade dos sistemas agrícolas (EMBRAPA, 2018).

Diante do exposto, o planejamento estratégico da Embrapa estabelece em sua visão que, até o ano de 2030, o setor agrícola deverá contar com estratégias que visam “[...] fortalecer a intensificação sustentável na agricultura, por meio da restauração de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas [...] além dos compromissos já assumidos no Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)” (EMBRAPA, 2018, p. 7).

Consoante, a Agência Europeia do Ambiente (2015)<sup>7</sup> elucida a importância de ações mitigadoras, pois a agricultura emite GEE's para a atmosfera nas etapas de produção, armazenamento, transformação, beneficiamento e distribuição. Além disso, nos países em desenvolvimento, o crescimento da produção agrícola influenciado pela demanda mundial de alimentos e pelas evoluções do padrão de consumo da população elevaram as emissões globais ao longo dos anos (Agência Europeia do Ambiente, 2015).

Assim, BAYER (2011, p. 28) ressalta que as ações de mitigação efetiva envolvem, prioritariamente, “[...] a identificação ou desenvolvimento de sistemas de produção agropecuária com potencial de retenção de CO<sub>2</sub> atmosférico na matéria orgânica do solo e de redução das emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O para a atmosfera [...]”. Em vantagem, a adaptabilidade da agricultura facilita a adoção de técnicas favoráveis no quesito ambiental que beneficiam a qualidade do solo

---

<sup>7</sup> A agricultura e as alterações climáticas. **Agência Europeia do Ambiente**, 2015. Disponível em: < <https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2015/artigos/a-agricultura-e-as-alteracoes-climaticas>>. Acesso em 13 de dez. de 2022.

e, geralmente, são implementadas com baixa alocação de recursos (BAYER 201).

Portanto, práticas mitigadoras de GEE's como recuperação de pastagens, integração lavoura – pecuária, fixação biológica de nitrogênio, reflorestamento, tratamento de dejetos animais, adaptação às mudanças climáticas e ampliação da área com plantio direto podem ser adotadas como ações promotoras, ainda, há a necessidade de alocar recursos no desenvolvimento de tecnologias inovadoras para promoção eficiente de produtividade, implementação de ações que resultem em aumento de produção sustentável de alimentos e, também, redução das emissões de GEE's (ASSAD, 2019).

## **2.7 Emissão de N<sub>2</sub>O em solos agrícolas**

O Óxido Nitroso é produzido naturalmente na natureza e se caracteriza como um gás não inflamável quando exposto à temperatura ambiente, formado por dois átomos de nitrogênio e um átomo de oxigênio. No meio ambiente, as plantas são responsáveis por capturar o nitrogênio atmosférico e transformá-lo em amônia que, por sua vez, é alocada sobre o solo através do processo denominado de fixação (IPCC, 2007).

A amônia fixada no solo pode, ainda, sofrer reações de Nitrificação, originando os nitratos, conforme Soares (2016, p. 29) “a nitrificação é a oxidação de NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que de acordo com o modelo clássico ocorre por duas etapas principais: a formação do nitrito, através da hidroxilamina, e a formação do nitrato, ocorrendo em condições aeróbicas [...]”. Nesse interim, os microrganismos que permanecem no solo modificam os nitratos, dando origem ao Nitrogênio Gasoso (N<sub>2</sub>) e Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) através do processo denominado como Desnitrificação. Por fim, os microrganismos emitem os gases à atmosfera novamente (SOARES, 2016).

O aumento na emissão de N<sub>2</sub>O ocorrido com a necessidade de aumentar as escalas de produção, principalmente de alimentos, vem causando desequilíbrios potenciais, uma vez que é tudo redirecionado à atmosfera e, além de absorver energia térmica, ainda degrada a camada de ozônio (IPCC, 2013).

As proporções são altas, as estimativas demonstram que 5,3 teragramas (Tg) de N<sub>2</sub>O são emitidas pelo homem anualmente (IPCC, 2021).

As fontes de emissões de N<sub>2</sub>O são diversas, sendo a agricultura a principal atividade no desencadeamento desse GEE (IPCC, 2007). Sabe-se que, na agricultura, o nitrogênio (N) é fundamental para o desenvolvimento das culturas, porém, a aplicação de fertilizantes nitrogenados não interfere apenas na produtividade das plantas mas, também, eleva as emissões de N<sub>2</sub>O direta e indiretamente nos setores inerentes à atividade agrícola (IPCC, 2013).

Conforme ressalta Lima et al. (2001, p. 2), “os solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais, incorporação de resíduos culturais [...], contribuem com significativas emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).” Adiciona-se ainda as adubações orgânicas, aplicação de calcário, aplicação de defensivos agrícolas, mudança no uso do solo, operações mecanizadas, queima de resíduos vegetais, resíduos culturais e desmatamento (ASSAD, 2011). Entretanto, os altos níveis de fertilizantes nitrogenados sintéticos adicionados aos solos destinados à agricultura constituem a causa principal das crescentes emissões desse gás na atmosfera (LIMA et al. 2001).

A emissão de N<sub>2</sub>O na agricultura se dá, geralmente, após o processo de desnitrificação ocorrido por meio do nitrogênio mineral (N), assim, Bayer (2011) elucida que as fontes de N mineral como ureia, nitrato ou amônio são capazes de alterar os níveis de N<sub>2</sub>O emitidos.

Segundo Lima et al. (2001, p. 10), o processo de desnitrificação “consiste na redução microbiana do nitrato (NO<sub>3</sub>) à formas intermediárias de N e então às formas gasosas (NO, N<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>) que são comumente perdidas para a atmosfera.” Com a redução do NO<sub>3</sub>, ocorre a oxidação da matéria orgânica e os microrganismos conseguem energia, nesse interim, as enzimas participam do processo variando em função das diferentes características dos solos (LIMA et al. 2001), em suma, trata-se do processo que transforma o nitrogênio contido nos fertilizantes em N<sub>2</sub>O.

O excesso de fertilizantes sintéticos à base de amônia desenvolvidos pela indústria, apesar de terem impulsionado a produção de alimentos, trouxe diversos custos ambientais, pois “as bactérias oxidadoras de amônia são o principal grupo funcional da microbiota do solo relacionado com a emissão de N<sub>2</sub>O” (SOARES, 2016, p. 87).

Além do dispêndio de energia, parte do excedente de nitrogênio nos solos não absorvido pelas culturas, lixivia e contamina os lençóis freáticos, outra parte é consumida por microrganismos que transformam a amônia em nitrito, seguido pelo nitrato e, por fim, em gás N<sub>2</sub>, durante essa ação microbiana no solo, o N<sub>2</sub>O é gerado como um subproduto (SOARES, 2016).

De acordo com Lima et al. (2001), as emissões de N<sub>2</sub>O são influenciadas, também, em decorrência do manejo ao qual o solo é submetido, logo, características hidráulicas e capacidade de redução de N<sub>2</sub>O são fatores determinantes, pois interferem na disponibilidade de oxigênio e afetam a capacidade das enzimas redutoras.

Consoante, EICHNER (1990) elucida que as condições edafoclimáticas como temperaturas de ar e solo, chuva, umidade do solo, disponibilidade de oxigênio, porosidade, pH, concentração de N - Mineral e atuação de microrganismos no solo são determinantes para quantificar a emissão de N<sub>2</sub>O.

Acrescenta-se ainda as diferentes técnicas de manejo adotadas em relação ao plantio, irrigação e utilização de fertilizantes, que interferem na variação do gás emitido, uma vez que a combinação dos fatores ressaltados intervêm nos processos de nitrificação e desnitrificação (SIGNOR e CERRI, 2013).

Na Cafeicultura, as emissões de GEE's ocorrem durante todas as fases do processo que envolve a produção do fruto, assim, tanto as etapas de plantio, manejo, colheita, transporte, secagem e beneficiamento quanto a utilização de insumos agrícolas diretos e indiretos contribuem para o índice de emissão. Uma pesquisa divulgada em 2011 pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, demonstrou que, no setor cafeeiro, as fontes de

emissões têm se concentrado no solo e nos resíduos produzidos com o cultivo, ainda, o Inventário de Emissão de GEE na Cafeicultura<sup>8</sup> mostrou que a utilização de adubação nitrogenada possui influência significativa nas emissões dos cafezais.

A cafeicultura em solos do Cerrado possui menos benefícios em relação à fertilidade, apesar do Bioma possuir solos com características físicas apropriadas para o desenvolvimento da cultura, os índices de fertilidade exigem constantes correções e adubações, visando garantir a produtividade potencial da planta (SOARES, 2016). De acordo com o autor, há poucas informações na comunidade científica brasileira quanto as emissões de N<sub>2</sub>O no solo sob irrigação e fertilização nitrogenada em culturas cafeeiras no Cerrado, nesse interim, o consórcio de café com braquiária tem constituído os experimentos no Cerrado e sendo implementado pelos cafeicultores com o objetivo de reduzir as perdas e, propriamente, mitigar os fluxos de N<sub>2</sub>O.

Conforme destaca CERRI (2013), o nitrogênio é um dos nutrientes que mais impactam na eficiência produtiva do café, uma vez que sua utilização agrega na expansão da área foliar, no crescimento da vegetação, na formação de botões florais e na atividade fotossintética. Anualmente, são aplicadas altas quantidades de fertilizantes nitrogenados na cafeicultura, variando de 200 a 600 kg por hectare (SOARES, 2016).

Essa aplicação garante os excelentes níveis de produtividade nas plantações, entretanto, pelo menos 1% do quantitativo de N aplicado nos cultivos é perdido na forma de N<sub>2</sub>O (IPCC, 2007). Em média, 84% das emissões de N<sub>2</sub>O/ano ocorrem em consequência da aplicação de fertilizantes nitrogenados, sendo que, a parte não absorvida pela planta, se perde em processos de volatilização, lixiviação, erosão ou desnitrificação (CERRI, 2013).

As perdas no sistema agrícola ocorrem devido à alta solubilidade dos fertilizantes utilizados, como ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio,

---

<sup>8</sup> Adubo na cafeicultura é o que mais contribui para o efeito estufa. **Ambiente Brasil**, 2012. Disponível em: <<https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2012/06/19/84502-adubo-na-cafeicultura-e-o-que-mais-contribui-para-o-efeito-estufa-diz-usp.html>>. Acesso em: 27 de dez. de 2022.

promovendo liberação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo com maior facilidade (BELIZÁRIO, 2013).

Nesse sentido, Belizário (2013) ressalta que o ideal é realizar aplicações distribuídas durante o ciclo de desenvolvimento do cafeeiro, assim, o fornecimento do nutriente coincide com o momento de maior absorção das plantas e obtém-se menores perdas em processos inerentes ao cultivo.

### 3. METODOLOGIA

O relatório foi desenvolvido mediante as atividades realizadas durante o período de estágio obrigatório, requisito para a obtenção do título de Bacharel em Gestão do Agronegócio. Nesse interim, o estágio ocorreu na Embrapa Cerrados, unidade de pesquisa eco regional da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, localizada na Região Administrativa de Planaltina, Distrito Federal. O estágio sucedeu no 8º período da graduação vigente, sendo contabilizadas as 300 horas obrigatórias.

Em virtude do trabalho ser caracterizado como um relatório de estágio e devido ao curto período de realização, serão apresentadas a descrição das atividades desenvolvidas em campo e em laboratório, no período concernente ao estágio.

Quanto à caracterização da área experimental, as atividades de estágio foram desenvolvidas no campo experimental da Embrapa Cerrados, dentro do Bioma Cerrado, sob uma área de Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa e clima regional classificado como Aw (tropical chuvoso).

O experimento consiste no delineamento de 03 blocos (B1, B2 e B3) em esquema de parcelas subdivididas, cada bloco é formado por 08 plantas de café arábica e compostos por duas cultivares de café (C1 e C2). São realizados 02 tratamentos, dentre os quais um consiste na parcela com a inserção de braquiária *decumbens* nas entrelinhas e o outro é manejado com a ausência de braquiária (Café C/B e Café S/B), (figura 02).

Figura 02 –Café tratamento C/B e S/B



Fonte: A autora (2022)

Há, também, uma área de controle, sem presença de qualquer cultura ou manejos agrônômicos, com a finalidade de estabelecer um parâmetro comparativo em relação aos tratamentos existentes no experimento. O tratamento Café C/B tem por finalidade avaliar a interferência da inserção da braquiária como agente mitigador da emissão de gases de efeito estufa na cultura do café, principalmente dos fluxos de óxido nitroso, visto que esse gás é altamente emitido em virtude das mudanças no uso da terra e das atividades agrícolas.

Visando levantar dados relevantes para o monitoramento dos fluxos de GEE's no solo, constantemente, foram realizadas coletas de amostras de gases e de amostras de solos para determinação da emissão de  $N_2O$  e para a quantificação do N – Mineral (nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ )), respectivamente. Em seguida, as amostras coletadas foram armazenadas, visando posterior manuseio em laboratórios para leitura e análise consecutiva nos devidos equipamentos: Cromatógrafo e FIA (Analisador por Fluxo de Injeção).

Ainda, parte deste relatório foi desenvolvido “a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” (GIL, 2008, p. 50), configurando - o, parcialmente, como bibliográfico. Como também, possui abordagem qualitativa, ao considerar a presença do estilo do autor, na qual a interpretação dada é objeto na construção do procedimento de análise (GIL, 2008).



A amostra da revisão bibliográfica foi constituída por literatura em português e inglês. A busca se deu por meio dos termos “cafeicultura no Cerrado”, “emissão de gases de efeito estufa”, “óxido nitroso”, “nitrogênio mineral” e “café consorciado com braquiária” nos sites institucionais, materiais recomendados pelos coordenadores do experimento e principais autores da temática proposta.

Utilizou-se da análise de conteúdo para examinar toda a informação contida nos documentos, compreendendo a questão linguística tradicional e a interpretação dada às palavras (CAMPOS, 2004). Através da crítica bibliográfica para a construção do referencial teórico e da aplicação de metodologias consolidadas por Zanatta et al., (2014), Bremmer e Mulvaney (1982), Bayer et al. (2015), Oliveira et al. (2021) e Silva et al. (2010) para as atividades de campo e laboratório, serão apresentadas as principais considerações acerca dos fluxos de N<sub>2</sub>O e concentração de N – Mineral no solo em cultivares de café irrigado consorciado com Braquiária.

#### **4. ANÁLISE: Descrição prática**

##### **4.1 Cultivares de café utilizadas no experimento**

Foram utilizadas duas cultivares de café em cada tratamento que compõe o experimento (C1 e C2). As plantas da cultivar IPR 103 (C1) são indicadas para cultivos adensados, semi – adensados e tradicionais em regiões com temperatura média de 21°C a 23°C é originada do cruzamento entre cafeeiros Icatu e Catuaí, trata-se de uma planta de porte médio, formato cilíndrico, alto potencial vegetativo, resistência moderada à ferrugem do cafeeiro, alta produtividade, adaptabilidade ao clima local e à solos deficientes. Já a cultivar IPR 99 (C2) é originada do cruzamento entre café arábica *Villa Sarchi* CIFC 971/10 e Híbrido de Timor CIFC 832/2 realizado no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, a cultivar possui porte baixo e é indicada para plantio adensado, ademais, a cultivar possui alta produtividade com baixo custo de produção por saca, vigor vegetativo e ramificação significativa. (Consórcio Pesquisa Café, 2011).

## 4.2 Coletas de N<sub>2</sub>O nas câmaras instaladas no cafeeiro

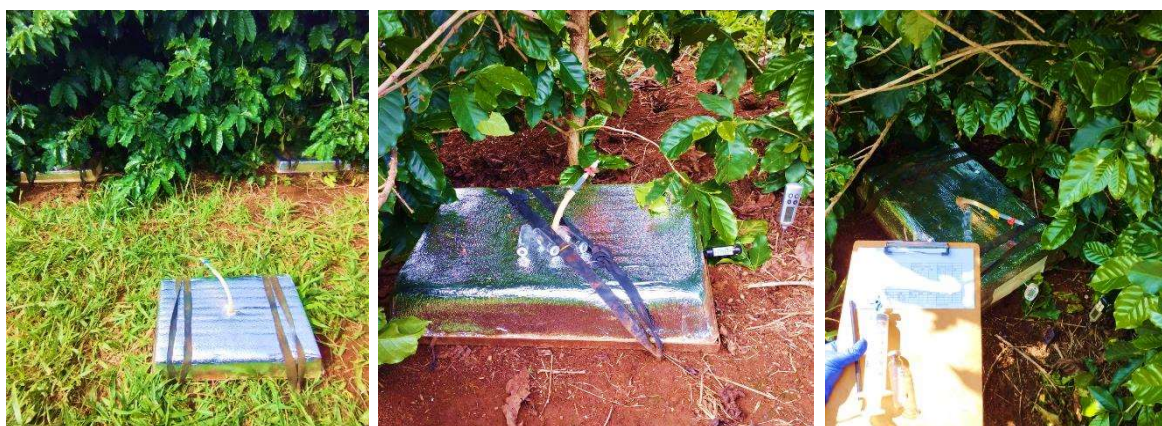
**Materiais utilizados na atividade:** câmaras térmicas, borrachas de vedação, ligas de vedação, termômetros digitais, relógios, seringas, vials e tabelas de registro.

Para cada cultivar (C1 e C2) de cada bloco (B1, B2, B3) e em cada tratamento avaliado (Café C/B e Café S/B) foram utilizadas 03 câmaras estáticas de PVC, revestidas por uma manta térmica de alumínio, de acordo com a metodologia descrita em Zanatta et al. (2014). A instalação foi realizada sobre bases metálicas fixas no solo previamente com dimensão de 0,38m X 0,58m cada, também foram utilizadas quatro borrachas de vedação nas laterais das bases para o encaixe das câmaras.

As câmaras foram classificadas em A, B e C para distribuição em cada cultivar, totalizando 18 câmaras instaladas por tratamento no momento da coleta dos gases (Figura 03). Após as câmaras serem acopladas nas bases, utilizou-se ligas de borracha para auxiliar na vedação do espaço delimitado pelas câmaras, formando um microambiente propício para a acumulação dos gases, visto que as emissões ocorrem em virtude da ação de microrganismos no solo.

Ainda, foram adaptados orifícios centrais vedados com silicone, em cada câmara, nos quais inseriu-se uma mangueira de borracha conectada a uma válvula de três vias para controle da saída de gases. Na câmara A de cada cultivar, foi acoplado um termômetro digital para acompanhamento da temperatura do ar dentro das câmaras. Outro termômetro digital foi inserido no solo para determinação da temperatura do solo a 5 cm de profundidade nos tempos determinados para coletas de gases. Para as coletas, foram utilizadas seringas de polipropileno de 60 ml com válvula de três vias acoplada como instrumento principal.

Figura 03 – Câmaras A, B e C instaladas no experimento



Fonte: A autora (2022)

As coletas foram realizadas em 03 tempos distintos (0, 15, 30): o tempo zero corresponde ao momento de fechamento das câmaras, anotação das temperaturas registradas pelo termômetro na câmara A e no solo e a primeira coleta dos gases em cada câmara das cultivares C1 e C2 dos respectivos blocos. Em seguida, após o cálculo dos respectivos intervalos de tempo, realizava-se uma nova coleta nos tempos quinze e, depois, trinta (15 minutos após o horário da primeira coleta (tempo zero) e 30 minutos após o horário da primeira coleta), tendo sempre como marco inicial o horário de coleta do tempo zero, para que a diferença entre o horário de coleta em cada câmara permanecesse entre 1 e 2 minutos no máximo, mantendo o padrão de acumulação dos gases em cada amostra.

Nesse sentido, utilizava-se um relógio e uma tabela impressa para registrar os horários e anotar as temperaturas em cada tempo. Foram coletados 30 ml de amostra dos gases em cada câmara nos tempos previstos que, em seguida, eram transferidos para vials com vácuo previamente realizado por uma bomba de vácuo no laboratório, porém, as amostras eram coletadas apenas após a homogeneização dos gases acumulados dentro das câmaras, assim, utilizando a seringa, os gases eram ejetados e injetados das câmaras por pelo menos 03 vezes antes de coletar a amostra final. Todas as coletas foram realizadas no período matutino, entre as 09:00 e 11:00 horas, para representar a média em condições diárias de emissão, conforme Zanatta et al. (2014).

As coletas foram realizadas pelo menos duas vezes na semana e foram intensificadas no período chuvoso, visto que as condições edafoclimáticas como temperatura e umidade interferem nas emissões. Após práticas de adubação nas plantas, a frequência de GEE's coletados foi reprogramada para 03 dias consecutivos.

Além disso, em cada dia de coleta, o respectivo ar atmosférico de cada bloco também foi coletado, visando estabelecer um parâmetro comparativo para a determinação das amostras de gases no laboratório. Os vials com as amostras de cada tratamento foram transportados do campo até o laboratório em caixas térmicas com gelo e, por conseguinte, armazenados em bandejas com água destilada (trata-se de uma água isenta de sais minerais e impurezas, ideal para utilização em laboratórios a fim de não comprometer as amostras) em ambiente refrigerado a 18°C para posterior leitura no cromatógrafo gasoso. Contudo, durante o período que as atividades foram realizadas pela discente, não houve a possibilidade de realizar as leituras das amostras por cromatografia, em virtude de um defeito técnico no cromatógrafo disponível no laboratório. Esse processo quantificaria as concentrações de N<sub>2</sub>O nas amostras.

Salienta-se que, tanto a reserva dos vials com vácuo quanto o armazenamento dos vials com as amostras de gases coletados no campo consistiu na imersão parcial dos vials em uma bandeja com água destilada, a fim de preservar o conteúdo do recipiente, uma vez que comportam 25 ml, porém, são inseridas 30 ml de amostra, logo, ao serem colocados em contato com a água, os vials são mantidos sob pressão e forma-se uma barreira que impede a perda do vácuo ou o vazamento do conteúdo dos recipientes, permitindo o armazenamento das amostras por mais tempo nas condições estabelecidas, caso a leitura seja postergada por motivos maiores, conforme houve no período do estágio obrigatório.

- **Resultados dos Fluxos de N<sub>2</sub>O durante o Projeto Café (2019/2020)**

Para obtenção dos resultados desse experimento, as primeiras análises realizadas em 2019 - 2020 referente as concentrações de N<sub>2</sub>O se deram por cromatografia no Laboratório de Cromatografia Gasosa da Embrapa Cerrados, durante a execução das atividades do Projeto Café.

Conforme descrito no Projeto Café (2019/2020), os fluxos foram medidos pela variação linear da concentração de gás em relação ao tempo de incubação nas câmaras de amostragem e calculado pela equação: **Fluxo =  $\delta C/\delta t (V/A) m/Vm$** , na qual o fluxo ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ );  $\delta C/\delta t$  é a alteração de concentração do gás ( $\text{nmol N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4 \text{h}^{-1}$ ) na câmara no intervalo de incubação (h); **V** e **A** são, concomitantemente, o volume da câmara (L) e a área de solo coberta pela câmara ( $\text{m}^2$ ); **m** é o peso molecular de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  ( $\mu\text{g}$ ), e **Vm** é o volume molar na temperatura de amostragem (L), segundo definido por Bayer et al. (2015).

Assim, os fluxos consistiram no cálculo separado para os tempos 0, 15 e 30 min, obtidos em  $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ . Os fluxos médios diários de  $\text{N}_2\text{O}$  foram alcançados pelo valor médio das câmaras instaladas em cada parcela e determinados por regressão linear da concentração do gás em função do tempo de amostragem, segundo metodologia proposta por Oliveira et al. (2021).

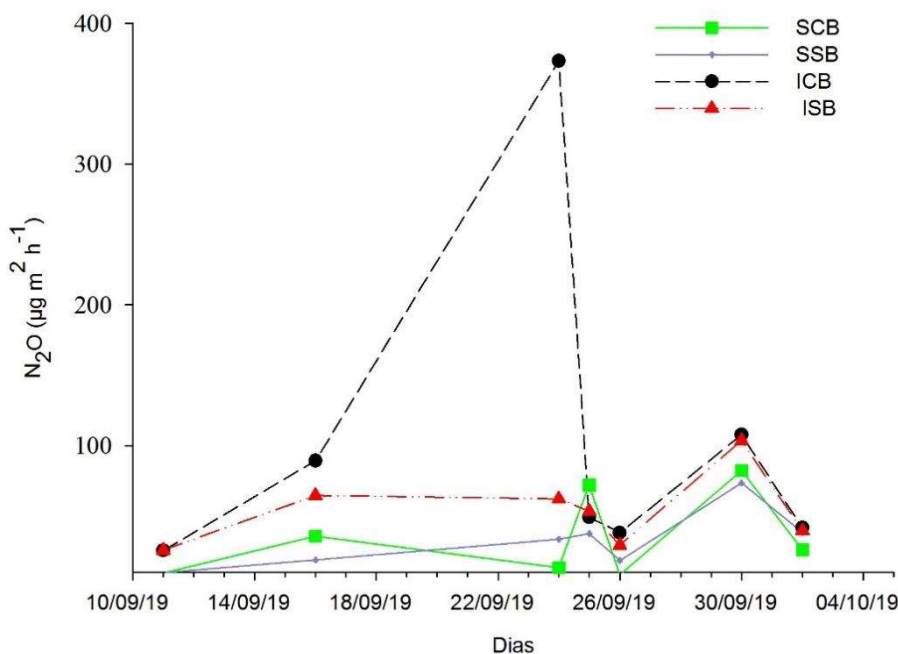
Por conseguinte, os dados de  $\text{N}_2\text{O}$  acumulado passaram pela análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5%. As emissões acumuladas foram estimadas pela plotagem dos valores diários dos fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  e a escala de tempo em um gráfico, além disso, houve o cálculo da área resultante sob a curva, por integração (Projeto Café, 2019, em fase de elaboração).

Nesse interim, os resultados parciais obtidos no período inicial do Projeto Café (2019 - 2020) em relação aos fluxos de óxido nitroso no solo, em função do manejo na cultura do café (sequeiro e irrigado) com e sem a presença de braquiária, demonstraram que os fluxos diários de  $\text{N}_2\text{O}$  variaram de 8,44 a 373,28  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ , para os tratamentos de sequeiro com braquiária (SCB) e irrigado com braquiária (ICB), respectivamente. Os resultados mostram que, após a primeira adubação, logo no primeiro dia, observou-se o valor mais elevado no ICB (373,28  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ), cerca de 28 vezes maior quando comparado ao SCB (13,25  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ), enquanto os demais tratamentos sequeiro sem braquiária (SSB) e irrigado sem braquiária (ISB), no mesmo dia, apresentavam valores de 33,52 e 62,07  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ , respectivamente (Projeto Café, 2019, em fase de elaboração).

Conforme Almeida et al. (2015) a irrigação pode ser um dos fatores fundamentais na emissão do  $N_2O$  na agricultura, além do sistema de manejo, disponibilidade de N mineral, principalmente nitrato, pH, e de compostos oxidantes.

Durante o experimento, constatou-se que os maiores fluxos diários, geralmente, ocorreram no sétimo dia após a fertilização, sendo que nos tratamentos irrigados observou-se os maiores valores, assim, ICB  $107,65 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e ISB  $103,56 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e os de sequeiro SCB  $82,24 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e SSB  $73,34 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ , podendo ser observado no gráfico abaixo:

Figura 04 - Fluxos diários de óxido nitroso ( $N_2O$ ) nos tratamentos: SCB, SSB, ICB e ISB, registrados no experimento em 2019, na cultura do café.



Fonte: Projeto Café, 2019

Segundo Santos et al. (2016), a adubação nitrogenada é um dos fatores que mais contribui para emissão  $N_2O$ , devido à solubilidade desses fertilizantes em água, elevando a liberação de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  no solo e corroborando para processos de nitrificação e desnitrificação, fator elucidado por Belizário (2013) que, ao analisar fontes de N, constatou perdas de  $0,27 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia para cada aplicação de N em culturas de café.



Para Signor (2010), a utilização de fertilizantes à base de amônio podem reduzir as emissões de  $N_2O$  quando comparados aos fertilizantes à base de nitrato, visto que a desnitrificação é o principal processo de formação de  $N_2O$ . Consoante, Silva et al. (2017) em pesquisas no Bioma Cerrado, constatou que os fatores que mais influenciaram as emissões de  $N_2O$  no solo foram o tipo de fertilizante e a umidade do solo.

#### 4.3 Determinação das variáveis de nitrogênio mineral do solo ( $NO_3^-$ e $NH_4^+$ )

**Materiais utilizados na atividade em campo:** Trado holandês, caixas térmicas com gelo, sacos para armazenagem e acondicionamento.

O experimento abrangeu, ainda, em parte significativa das atividades, a coleta de amostras de solo na área experimental em cada um dos tratamentos, o objetivo da amostragem incluiu a determinação da umidade gravimétrica do solo e a quantificação da concentração de N – Mineral no solo ( $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ ).

As coletas das amostras do solo foram realizadas com o trado do tipo holandês na profundidade de 0-10 cm com perfurações próximas as câmaras estáticas dos gases em cada um dos blocos, sendo que a coleta é realizada em 03 pontos pré – definidos: 01 na entrelinha do cafeeiro e 02 na projeção da copa, no sentido oposto à base fixa no solo (figura 05). As amostras foram coletadas com as devidas repetições a fim de obter-se uma amostra composta.

Figura 05 – coleta de solo



Fonte: A autora (2022)

Por conseguinte, cada amostra coletada foi transferida para sacos plásticos respectivamente identificados de acordo com cada parcela experimental, sendo cada amostra formada por sub amostras (03 a 06 sub amostras) com a finalidade de proporcionar armazenagem e acondicionamento dos solos. As amostras coletadas em cada repetição foram homogeneizadas dentro dos sacos plásticos que, posteriormente, foram transportados para o laboratório armazenados em caixa térmica com gelo hermeticamente fechada, impedindo perdas de umidade e de N – Mineral, pois a temperatura constitui um dos fatores que influenciam a dinâmica do N – Mineral do solo, através da inativação dos microrganismos.

**Materiais utilizados nas atividades do laboratório:** Latas metálicas, balança digital, cachimbos de solo, planilhas, KCL (cloreto de potássio 1 molar), *snappcaps* (potes de vidro destinados ao preparo das amostras), filtros de papel qualitativo, pipetas e ponteiros destinadas à extração, potes plásticos para armazenagem da amostra extraída.

- **Preparo para determinação da umidade do solo:**

Na etapa referente à determinação da umidade do solo, realizada no laboratório, ocorreu a pesagem das latas metálicas vazias em uma balança tipo Marte Modelo UX4200 e= ,1g (PESO LATA) e, em seguida, uma segunda pesagem após depositar, aproximadamente, 40g do solo ainda úmido nas latas metálicas, (LATA + SOLO ÚMIDO) utilizando-se os cachimbos de solo para determinação das medidas, a fim de obter padronização das quantidades. As pesagens seguiam a sequência referente a cada amostra coletada em campo para fins de organização dos registros de cada tratamento, (figura 06).



Figura 06 – preparo para determinação da umidade do solo



Fonte: A autora (2022)

Posteriormente, o preparo das latas de alumínio pesadas com o solo úmido era transferido para uma estufa e mantidas na temperatura de 105°C durante um período de 72 horas para secagem. Após as 72 horas decorridas, foi realizada a terceira pesagem das latas, porém, nesse momento utilizou-se o solo seco (LATA + SOLO SECO) e, por diferença de peso, ocorreu a determinação da umidade gravimétrica do solo coletado inicialmente.

- **Extração para determinação do N – Mineral**

Além da determinação de umidade do solo, as amostras coletadas são utilizadas para determinação da concentração de nitrato e amônio contida no solo, nesse interim, é realizado um processo denominado como EXTRAÇÃO, por meio do qual as amostras de solo são medidas com os cachimbos de solo e depositadas em frascos de vidro com tampa (*snapcaps*), já preenchidos da solução Cloreto de Potássio (KCL), conforme a metodologia descrita por Silva et al. (2010).

A etapa inicial da extração consiste no preparo dos materiais que são utilizados, como a numeração dos *snapcaps* conforme a quantidade de

amostras, que são sempre realizadas duplicadas, forma estatisticamente recomendada. Além disso, é necessário realizar o preparo da solução de KCL, utilizada como extrator de separação da fração de N Mineral da solução do solo, assim, o preparo se dá pela junção de 1491, 20 gramas de KCL para 20 litros de água destilada.

Por conseguinte, utiliza-se um instrumento denominado Pipeta *Kipp* com Frasco *Erlenmeyer* para acrescentar 50 ml de solução KCL (1 mol) nos *snaptcaps* com capacidade de 100 – 150 ml, a balança é utilizada para registrar o peso: FRASCO + SOLUÇÃO DE KCL. Para cada amostra do solo coletado retira-se entre 13g – 17g de solo e adiciona-se aos *snaptcaps* (FRASCO + SOLUÇÃO), realizando uma nova pesagem (KCL + SOLO), (Figura 07). Nesse momento há a homogeneização das amostras, na qual o frasco é balançado manualmente para que ocorra a mistura do solo com a solução extratora, em seguida, os *snaptcaps* com o preparo são mantidos no laboratório para decantação durante 24 horas, para posterior filtragem do material.

Figura 07 – Pesagem de solo com cachimbo para os *snaptcaps*



Fonte: A autora (2022)

Após as 24h destinadas à decantação do conteúdo dos *snaptcaps*, são preparados filtros de papel (Filtro Quanty, JP42, permeabilidade ao ar: 31/s m<sup>2</sup>)



e enumeração de potes plásticos com tampa conforme a numeração dos *snaps*; para cada amostra é adicionado um filtro aos potes plásticos. (Figura 08). Com a utilização de uma pipeta com ponteira de 10 ml, são extraídas cerca de 30 ml de solução decantada dos *snaps* para a filtragem e armazenamento nos potes plásticos reservados. A cada par de duplicatas as pipetas são lavadas com água destilada, evitando a contaminação das amostras. Após a filtragem, caso não seja possível a leitura imediata das amostras, os potes com a solução decantada são tampados e armazenados sob congelamento para a leitura posterior do N -Mineral no Analisador por Fluxo de Injeção – FIA (Lachat QuikChem 8500 Series 2 FIA System).

Figura 08 – *snaps* com solução decantada e potes com filtro para extração



Fonte: A autora (2022)

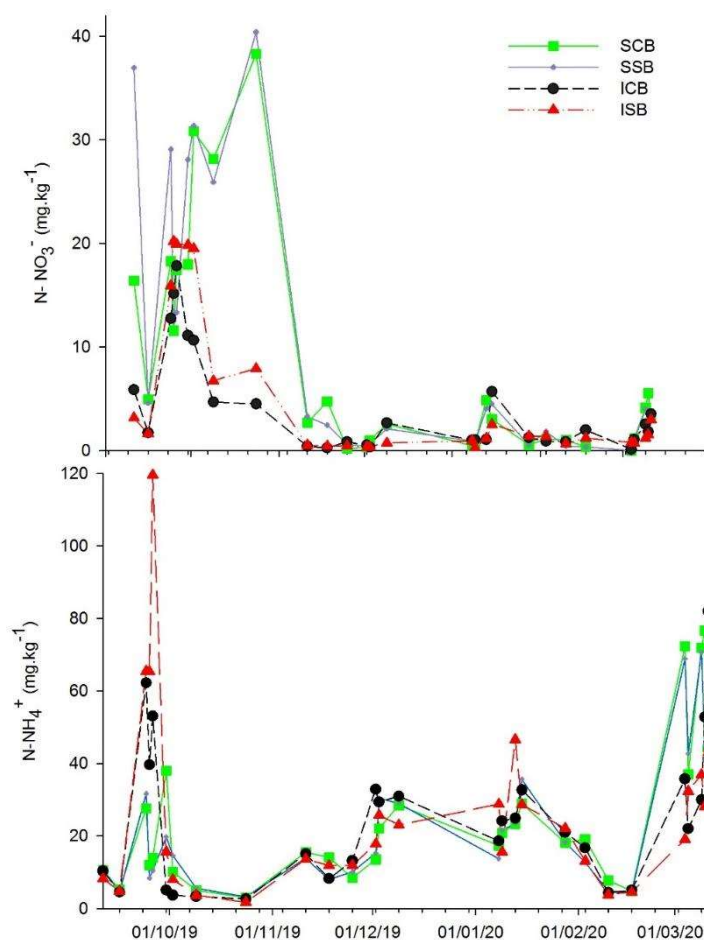
Nas condições predominantes no Bioma Cerrado em relação a cafeicultura, os trabalhos realizados já identificaram a predominância na concentração de  $\text{NH}_4^+$  (Santos et al., 2016, Carvalho et al., 2017). Entretanto, Silva et al., (2020) ressalta que, em cultivos anuais em sistema de plantio direto, em virtude da aplicação de fertilizantes nitrogenados, existe a possibilidade do  $\text{NO}_3^-$  apresentar maiores concentrações.

- **Resultados de N-Mineral ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) durante o Projeto Café (2019/2020)**

A fim de quantificar as variações de N – Mineral no solo em formas de nítrica e amoniacal em função do manejo, as amostras de solo coletadas sistematicamente na projeção da copa e nas estrelinhas, na profundidade de amostragem 0 – 10, foram preparadas e passaram por extração em 50 mL de KCl 2 mol L<sup>-1</sup>, segundo o método proposto por Bremner e Mulvaney (1982), seguido da análise por colorimetria no FIA. Os dados de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> também foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% (Projeto Café, 2020, em fase de elaboração).

Conforme o experimento descrito no Projeto Café (2020), os tratamentos avaliados foram projeção da copa com braquiária (PCCB); projeção da copa sem braquiária (PCSB); entrelinha com braquiária (ECB) e entrelinha sem braquiária (ESB), os resultados podem ser observados conforme o gráfico (figura 09).

Figura 09 – Teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na projeção da copa e na entrelinha dos tratamentos SCB, SSB, ICB e ISB nos períodos de setembro de 2019 a março de 2020 no experimento de café.



Fonte: Projeto Café, 2020

Em relação ao  $\text{NO}_3^-$ , os maiores teores foram registrados entre os meses de setembro - novembro nos tratamentos SCB e SSB, com teor máximo de 40,39  $\text{mg kg}^{-1}$  para SSB. Já em relação ao  $\text{NH}_4^+$ , os maiores teores registrados foram de 119,57  $\text{mg kg}^{-1}$ , sendo observado dois dias após a primeira adubação (Projeto Café, 2020, em fase de elaboração).

Os resultados obtidos demonstraram que, apesar da alta variabilidade do N mineral no solo, a forma amoniacal predomina no solo independente do manejo e da posição da coleta, entretanto, as maiores concentrações de amônio são encontradas até a profundidade de 40 cm. Ademais, as análises comprovam que a ausência de braquiária nas entrelinhas reduz os teores de amônio nas camadas mais superficiais do solo, como na profundidade 0 – 10 (Projeto Café, 2020, em fase de elaboração).

#### **4.4 Manejo da Braquiária**

Dentre as atividades, realizou-se com menor frequência, porém, de suma importância, o manejo da braquiária nas entrelinhas das plantas de café destinadas ao tratamento (Café C/B). O manejo aconteceu por meio do corte da braquiária com uma roçadeira, realizado sempre após a cultura chegar à altura de 0,60 metros, sendo que os restos culturais foram deixados nas entrelinhas do café.

A cada corte da braquiária foram realizadas coletas dos restos culturais para a determinação da matéria seca da cultura na área. A coleta é feita utilizando um gabarito de 0,5 m x 0,5 m, lançado aleatoriamente dentro de cada bloco, nos quais ocorreram duas repetições para cada uma das cultivares, o material dentro do gabarito foi retirado e transferido para sacos de papel devidamente identificados. Em seguida, o material coletado foi pesado (PESO VERDE) e deixado na estufa por 72 horas. Após esse período, o material foi pesado novamente (PESO SECO) para a determinação da matéria seca da braquiária.

Dentro de cada base fixa no solo (correspondente a câmara C) também houve o corte da braquiária utilizando-se uma tesoura, o material cortado foi pesado (PESO VERDE) e recolocado na base após o registro.

#### 4.5 Coleta das folhas das plantas de café

A coleta das folhas ocorreu uma vez na primeira semana de cada mês, eram coletados o 3° ou o 4° par de folhas do terço médio das plantas, cerca de 10 folhas para cada cultivar C1 e C2 dos blocos 01, 02 e 03 em ambos os tratamentos do experimento, as folhas eram armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e transportados até o laboratório.

No laboratório, as folhas foram separadas em bandejas plásticas (figura 10) e lavadas em água destilada, posteriormente, a lavagem foi realizada com água milli-q®, trata-se de uma água de alta qualidade e pureza, com ausência de coloides iônicos dissolvido ou quaisquer contaminantes orgânicos.

Figura 10 – Folhas coletadas para determinação de nutrientes



Fonte: A autora (2022)

Por conseguinte, as folhas foram recolocadas em sacos de papel e transferidas para secarem na estufa durante 72 horas. Após a secagem pelo tempo determinado, as folhas foram submetidas ao processo de moagem a fim de passarem pela análise de nitrogênio total no FIA e determinação dos macro nutrientes e micronutrientes no Espectrofotômetro de Emissão Óptica por Plasma.

#### **4.6 Adubação NPK realizada no experimento**

Sabe-se que a adubação nitrogenada contribui intensamente para a emissão de  $N_2O$ . Um estudo realizado por Belizário (2013) a respeito das fontes de N comprova que ocorrem perdas de  $0,27 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N em cada fertilização nitrogenada na cultura do café, sendo que o efeito dessa adubação pode permanecer por até 15 dias após a fertilização, conforme demonstrado por Santos et al., (2016) e Sato et al., (2017) em estudos realizados no Bioma Cerrado.

Os tratamentos de adubação consistem na aplicação fracionada de adubos, geralmente, em um intervalo de 02 de diferença. O cálculo da adubação anual é realizado mediante a necessidade da cultura e o valor total obtido é parcelado em 04 aplicações.

As adubações foram realizadas na projeção da copa das plantas, para isso, aplicou-se fertilizantes N, P, K (N – Ureia); (P – Super Fosfato Triplo); e (K – Cloreto de Potássio:  $K_2O$ ).

A Adubação também foi realizada dentro das bases fixas no solo na projeção da copa, (figura 11) referentes as câmaras A e B de cada tratamento, utilizando os mesmos fertilizantes aplicados no restante do plantio e os mesmos fracionamentos.



Figura 11 – adubação NPK dentro das bases fixas no solo



Fonte: A autora (2022)

No período concernente às atividades da discente, as adubações ocorreram da seguinte forma:

1° Ocorreu em Setembro de 2022, logo após o estresse hídrico a qual a plantação foi submetida, conforme as anotações registradas, a adubação foi realizada com Ureia, Super Fosfato Triplo e  $K_2O$ ;

2° Novembro de 2022, utilizando Ureia, Super Fosfato Triplo,  $K_2O$ ;

3° Janeiro de 2023, apenas  $K_2O$  e Ureia;

4° Ocorrerá em Março de 2023 conforme o planejamento da equipe responsável, utilizando  $K_2O$  e Ureia.

O manejo de adubação possuiu por objetivo identificar a interferência das práticas de fertilização nas emissões dos GEE's.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse relatório é decorrente do estágio supervisionado realizado na Embrapa Cerrados. O estágio teve como objetivo integrar os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso de Gestão do Agronegócio na Universidade de Brasília, à experiência prática proporcionada pelas atividades exercidas diariamente no âmbito da empresa.

Durante esse período participando das atividades laborais, houve a possibilidade de conhecer as práticas utilizadas pela equipe e pesquisadores incumbidos de realizar a pesquisa no experimento, bem como colaborar efetivamente na rotina de trabalho inerente à inovação e desenvolvimento de estudos importantes para a apresentação de resultados à sociedade, principalmente, aqueles destinados ao público da área agrícola.

Nesse sentido, houve a contribuição tanto nos trabalhos realizados na área experimental do campo quanto nos laboratórios, assim, o aprendizado envolveu a construção e instalação das câmaras estáticas dos gases no experimento, montagem de kits de vials para coletas de gases, a realização do pré - vácuo automatizado nos vials, coleta de gases, medição da temperatura do solo, armazenamento das amostras, coletas de solo, extração para determinação do N-mineral, coletas de folhas e coletas de braquiária. Além disso, a discente conheceu as práticas de manejo e os adubos utilizados na cultura do café e colaborou na adubação realizada dentro das bases fixas de cada tratamento. Em suma, cada dia de campo resultava em dois dias de trabalho no laboratório, para o preparo das amostras.

Vale ressaltar que, em termos de área de conhecimento, o estágio contemplou poucos conteúdos da graduação em Gestão do Agronegócio, as atividades desenvolvidas foram pautadas, em maioria, em temáticas concernentes as áreas de agronomia, gestão ambiental e química. Contudo, esse fator isolado não impediu a aplicação de conhecimentos na rotina de trabalho, pelo contrário, constituiu uma oportunidade para explorar novas habilidades e competências relacionadas ao trabalho em equipe, planejamento

operacional, agilidade e desenvoltura para execução de tarefas que exigem gestão do tempo.

Ademais, o período de estágio foi fundamental para obter-se experiência prática na coleta de dados, obtenção de informações e preparação de amostras com as devidas precauções, visto que, posteriormente, esses constituirão o resultado de importantes produções científicas para a elaboração de produtos, processos e serviços agregadores na sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.F.; NAVES, E.R.; SILVEIRA, C.H. **Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos**: uma revisão da revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Maringá (PR). Maringá –PR, v.8, 441-461p. 2015.

AMORIM, Livia dos Reis. Educação ambiental nos assentamentos de trabalhadores rurais do município De Buritis-MG: **qualificação tecnológica para preservação do Bioma Cerrado**. Assunção, PY, 2017. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Americana, 2017.

ASSAD, Eduardo Delgado 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**. Brasília: Embrapa, p. 153-167, 2019.

BAPTISTELLA, João Leonardo Corte. **Ciclagem de fósforo pela braquiária consorciada com o cafeeiro**. 2020. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2020. doi:10.11606/D.11.2020.tde-05052020-145936. Acesso em: 2022-12-09.

BAYER, Cimélio 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.

BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; PICCOLO, M. C.; DIECKOW, J.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions as affected by long-term tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, 146, 213-222, 2015.

BELIZÁRIO, M. **Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo de café**. 2013. 143p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, São Paulo.

Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação. **Ministério do Meio Ambiente**. – Brasília: MMA, 2007. 540 p.

Boletim da safra de café. **CONAB**, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em: 24 de nov. de 2022.

BORGES, I.B. **Resposta de cafeeiros irrigados em função do uso da braquiária nas entrelinhas**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 109 p. Tese de Doutorado.

Braquiária na entrelinha do café traz ganhos ao produtor e ao meio ambiente. **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60899851/braquiaria-na-entrelinha-do-cafe-traz-ganhos-ao-produtor-e-ao-meio-ambiente> >. Acesso em: 07 de dez. de 2021.

Brasília Ambiental. **IBRAM**, 2018. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/Bioma-Cerrado/>. Acesso em: 01 de dez. de 2022.

BREMMER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: **Soil Science Society of America**, p.595-624, 1982.

Café arábica corresponde a 67% e café conilon a 33% da produção dos Cafés do Brasil em 2022. **EMBRAPA**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71086048/cafe-arabica-corresponde-a-67-e-cafe-conilon-a-33-da-producao-dos-cafes-do-brasil-em-2022>. Acesso em: 25 de nov. de 2022.

CAMPOS, Claudinei José Gomes. **MÉTODO DE ANÁLISE DE CONTEÚDO: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde**. Revista Bra. Enferm. Brasília, v. 5, p. 611-614, set/out. 2004; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/wBbjs9fZBDrM3c3x4bDd3rc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 de jan. de 2023.

CARVALHO, A.M.; OLIVEIRA, W.R.D.; Ramos, M.L.G.; Coser. T.R.; Oliveira, A.D.; Pulrolnik, K.; Souza, K.W.; Vilela, L.; Marchão, L.R. 2017. Soil N<sub>2</sub>O fluxes in integrated production systems, continuous pasture and Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 107: 1-15.

CARVALHO, Guy. O uso da Braquiária como cultura de cobertura na lavoura de café. **Centro do Comércio de Café do Estado de Minas Gerais**, 2018. Disponível em: <https://cccmg.com.br/o-uso-da-braquiaria-como-cultura-de-cobertura-na-lavoura-de-cafe/> >. Acesso em: 25 de nov. de 2022.

CARVALHO, MA de F. et al. **Variáveis morfofisiológicas e produtividade na pré-seleção de cafeeiros cultivados no Cerrado do Planalto Central**. 2022.

CERRI, Carlos Clemente et al. **Como mitigar emissão de gases pela adubação na cafeicultura**. Revista Visão Agrícola, n. 12, p. 82-84, 2013. Tradução. Acesso em: 28 dez. 2022.

CERRI, C. C.; RAUCCI, G. S.; MOREIRA, C. S.; FRAZÃO, L. A. **Como mitigar emissão de gases pela adubação na cafeicultura**. Visão Agrícola nº12. Janeiro/julho 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Acompanhamento da safra brasileira: café – v.8. N.6.Primeiro Levantamento. Brasília. DF. Janeiro de 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: v. 5– Safra 2018, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-66, Disponível em: <http://www.conab.gov.br> ISSN 2318-7913.

EICHNER, M.J. Emissões de Óxido Nitroso de Solos Fertilizados: Resumo dos Dados Disponíveis. **Journal of Environmental Quality**, v. 19, p. 272-280, 1990.

Embrapa. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

Fialho, C.M.T. et al. **Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de Coffea arabica**. Planta Daninha [online]. 2011, v. 29, n. 1 [Acessado 9 Dezembro 2022], pp. 137-147. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100016>>. Epub 11 Abr 2011. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100016>.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>; Acesso em: 10 de jan. de 2023.

IPCC, 2013: Climate Change 2013b: **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. 2013.

IPCC, 2021: Sumário para Formuladores de Políticas. Em: **Mudança do Clima 2021: A Base da Ciência Física**. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge University Press. No Prelo. 2021.

IPR – 103. **Consórcio Pesquisa Café**, 2011. Disponível em: <http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php>. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

Rocha, Omar Cruz. **Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas**. 2014. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

Rocha, Omar Cruz et al. **Atributos químicos e físico-hídricos de um Latossolo sob cafeeiro consorciado com braquiária no Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2016, v. 51, n. 9.

Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). Working Group I Report "The Physical Science Basis", Fourth Assessment Report: **Climate Change**, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html). Acesso em 20 de dez. 2022.

LIMA, M. A. et al. **Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil**. 2001.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Chapter One-A Career Perspective on Soil Management in the Cerrado Region of Brazil. **Advances in Agronomy**, v. 137, p. 1-72, 2016.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. (1985) **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 136p.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Análise Das Emissões Brasileiras De Gases de Efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil 1970-2021. v. 2020 p. 1-55, 2021.

MOREIRA, P., MOREIRA, G., CASTRO, N., DA SILVA, R. Produtividade e economia de fatores de produção na cafeicultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, 28 out. 2019. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1368>>. Acesso em: 03 Dez. 2022.

Mudanças climáticas. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

Fernandes, André Luís Teixeira et al. **A moderna cafeicultura dos Cerrados brasileiros**. Pesquisa Agropecuária Tropical [online]. 2012, v. 42, n. 2 [Acessado 1 Dezembro 2022], pp. 231-240. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200015>>. Epub 20 Jul 2012. ISSN 1983-4063. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200015>.

NOGUEIRA, José Guilherme A.; NEVES, Marcos F. **Estratégias para a Cafeicultura no Brasil**. São Paulo: Grupo GEN, 2015.

O café brasileiro na atualidade. **ABIC**, 2021. Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/o-cafe-brasileiro-na-atualidade/>. Acesso em: 24 de nov. de 2022.

OLIVEIRA, A. D.; RIBEIRO, F. P.; FERREIRA, E. A. B.; MALAQUIAS, J. V.; GATTO, A.; ZUIM, D. R.; PINHEIRO, L. de A.; PULROLNIK, K.; SOARES, J. P. G.; CARVALHO, A. M. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes from planted forests and native Cerrado ecosystems in Brazil. **Scientia Agrícola**. v. 78, n. 1, 2021.

OLIEVIRA, Alexandra Duarte et al. Nitrogênio Mineral e óxido nitroso do solo cultivado com café no Cerrado. **Projeto Café**. Embrapa Cerrados, 2019 (em fase de elaboração).

OLIEVIRA, Alexandra Duarte et al. Nitrogênio Mineral e óxido nitroso do solo cultivado com café no Cerrado. **Projeto Café**. Embrapa Cerrados, 2020 (em fase de elaboração).

OLIVEIRA JÚNIOR, G. G. D.; SILVA, A. B. D.; MANTOVANI, J. R.; MIRANDA, J. M.; FLORENTINO, L. A. Levantamento de emissão de gases de efeito estufa pela metodologia do carbono equivalente na cultura do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 412 - 419, out./dez. 2015.

O que são as mudanças climáticas. **Nações Unidas Brasil, c2022**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>>. Acesso em: 13 de dez. de 2022.

Produção de café está estimada em 50,38 milhões de sacas na safra 2022. **CONAB**, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4758-producao-de-cafe-esta-estimada-em-50-38-milhes-de-sacas-na-safra-2022>. Acesso em 24 de nov. de 2022.

Produtividade do café no DF é uma das maiores do país. **EMATER DF**, 2018. Disponível em: < <https://www.emater.df.gov.br/produtividade-do-cafe-no-df-e-uma-das-maiores-do-pais/>>. Acesso em: 02 de dez. de 2022.

RAGASSI, Carlos Francisco e PEDROSA, Adriene Woods e FAVARIN, José Laércio. **Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária**. Visão Agrícola, v. 8, n. 12, p. 29-32, 2013. Tradução. Acesso em: 07 dez. 2022.

ROCHA, Omar Cruz. **Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas**. 2014. xvi, 128 f., il. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SANTOS, I.L.; OLIVEIRA, A. D.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J.V.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FERREIRA, E.A.B.; Sa, M.A.C.; CARALHO, A.M. 2016. Soil N<sub>2</sub>O emissions from long-term agroecosystems: interactive effects of rainfall seasonality and crop rotation in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 233: 111-120.

SATO, J. H.; CARVALHO, A. M. de; FIGUEIREDO, C. C.; COSER, T. R.; SOUSA, T. R.; VILELA, L. MARCHÃO, R. L. Nitrous oxide fluxes in a Brazilian clayey oxisol after 24 years of integrated crop-livestock management. **Nutr Cycli Agroecosyst**, 2017. 108: 55-66.

SIGNOR, Diana. **Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases do efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

SIGNOR, D; CERRI, C. E. P. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. E -ISSN 1983-4063 - [www.agro.ufg.br/pat](http://www.agro.ufg.br/pat) - **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v.43, n.3, p.322-338, 2013.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*coffea arabica* L.) In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA**, 6. 2003, Araguari. *Resumos expandidos...* Uberlândia: UFU, 2003. p. 25-29.

SILVA, D. de F.; ANDRADE, C. de L. T. de; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; CASTRO, L. A. de; MOURA, B. F. Análise de nitrato e amônio em solo e água - Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 55 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN1518-4277; 2010, 114 p.

SILVA, J. F.; CARVALHO, A. M.; REIN, T. A.; COSER, T. R.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; VIEIRA, D. L. COOMES, D. A. Nitrous oxide emissions from sugarcane fields. In the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 246, p. 55-65, 2017.

SILVA, Nathalia Henriques da. **Características químicas e sensoriais de genótipos de Coffea arabica sob níveis e duração do estresse hídrico no Cerrado**. 2022. 77 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

SILVA, V. G. da. **Fluxos de óxido nitroso, nitrogênio mineral e frações de carbono no solo cultivado com milho em sucessão a plantas de cobertura em sistema plantio direto no Cerrado**. Brasília, 2020.132 p.

Siqueira Neto, Marcos et al. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2011, v. 35, n. 1 [Acessado 22 Dezembro 2022], pp. 63-76. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100006>>. Epub 12 Maio 2011. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100006>.

Sistema de estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa-SEEG. **Impacto da pandemia de COVID-19 nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Maio de 2020.

SOARES, Danilo de Araujo. **Emissões de gases de efeito estufa por fertilizantes nitrogenados em lavoura cafeeira irrigada**. 2016. 128p. Tese (Doutorado em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas,) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

SOARES, J. R. **Emissão de N<sub>2</sub>O e opções de mitigação pela aplicação de fertilizantes nitrogenados no cultivo de cana-de-açúcar**. 2016. Tese (doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas - SP, 2016. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb742112.pdf>. Acesso em 26 de dez. 2022.

ZANATTA, J. A.; ALVES, B. J. R.; BAYER C.; TOMAZI, M.; MAROZZI, A. H. B.; COSTA, F.F.S.; CARVALHO, A. M. de. Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa. Documentos 265. **Embrapa Florestas**, 54 p. 2014.