



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ESTOQUE DE CARBONO, FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA,
ATIVIDADE ENZIMÁTICA E TEOR DE NUTRIENTES EM CAFÉ
ARÁBICA CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA**

THAIS RODRIGUES DE SOUSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ESTOQUE DE CARBONO, FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA,
ATIVIDADE ENZIMÁTICA E TEOR DE NUTRIENTES EM CAFÉ
ARÁBICA CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA**

THAIS RODRIGUES DE SOUSA

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS
CO-ORIENTADORA: Dr^a. ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ESTOQUE DE CARBONO, FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA,
ATIVIDADE ENZIMÁTICA E TEOR DE NUTRIENTES EM CAFÉ
ARÁBICA CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA**

THAIS RODRIGUES DE SOUSA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM AGRONOMIA.**

APROVADA POR:

ORIENTADORA

**Dr^a. MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS- Universidade de Brasília/
email:lucrecia@unb.br**

**Dr^a. ALESSANDRA MONTEIRO DE PAULA- Universidade de
Brasília/alessandramp@unb.br/**

**Dr. ROBÉLIO LEANDRO MARCHÃO- Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária- Embrapa Cerrados/robelio.marchao@embrapa.br**

BRASÍLIA/DF, 15 de fevereiro de 2023.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUSA, T. R. **Estoque de carbono, frações da matéria orgânica, atividade enzimática e teor de nutrientes em café arábica consorciado com braquiária.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2023, 96p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: THAIS RODRIGUES DE SOUSA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **Estoque de carbono, frações da matéria orgânica, atividade enzimática e teor de nutrientes em café arábica consorciado com braquiária.**

GRAU: MESTRE ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Thais Rodrigues de Sousa

CPF: 042.724.261-41

Endereço. Quadra 9E Conjunto A Casa 7 Arapoangas Planaltina-DF

Tel. (61) 99518-3699

Email: thaisrodrigues25@hotmail.com

Sousa, Thais Rodrigues de

Estoque de carbono, frações da matéria orgânica, atividade enzimática e teor de nutrientes em café arábica consorciado com braquiária/ Thais Rodrigues de Sousa, orientação de Maria Lucrecia Gerosa Ramos. – Brasília, 2023.

96 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2023.

1. Sustentabilidade. 2. Braquiária decumbens. 3. Matéria orgânica do solo. 4. Nutrientes. 5. Plantas perenes. I. Sousa, Thais Rodrigues. II. Universidade de Brasília, faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Mestrado em Agronomia. III. Título. IV. Ramos, Maria Lucrecia Gerosa.

OFEREÇO

À Deus

À Virgem Maria e São José, por fé

A comunidade científica, que assim como eu, se dedicam ao estudo de uma agricultura sustentável!

DEDICO,

À minha família.

Aos meus pais: Luciene Rodrigues de Sousa e Sival Batista de Sousa, pelo amor incondicional, inspiração, carinho e por serem o meu maior exemplo. Com vocês sei que posso ir mais longe, se cheguei até aqui é graças a vocês e todas as adversidades da vida consigo vencer.

E aos meus tios, pelo cuidado, amor e todo carinho:

José Marcos Rodrigues (in memorian).

Fátima Rodrigues Felix (in memorian).

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por guiar meus passos e pelas bênçãos diárias, sem ele nada seria possível, e principalmente, por ter colocado tantas pessoas maravilhosas em meu caminho, que sempre incentivaram e apoiaram toda minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, Luciene Rodrigues de Sousa e Sinval Batista de Sousa, e ao meu irmão, Tiago Rodrigues de Sousa, muito obrigada pela base familiar que sempre tive, por mostrarem sempre o real valor de uma família, por acreditarem sempre no meu potencial, e toda paciência e compreensão de sempre, a pessoa que me tornei hoje é graças a vocês.

A toda família Rodrigues e Batista, em especial a meus avôs maternos José Neto Rodrigues e Francisca Fernandes, pelo amor incondicional, minha avó materna Francisca da Costa, à minha madrinha Maria de Lurdes e minha tia Maria dos Remédios, que sempre acreditaram na minha capacidade e torcem pelo meu sucesso.

As minhas primas, que considero irmãs e amigas, Kassia Bhatriz, Janiele, Joyce, Mirela, Daniele, Elaine e Magnolia, por todo apoio e carinho.

A minha orientadora Dra. Maria Lucrécia Gerosa Ramos, por todos os ensinamentos, orientação, ajuda, disponibilidade e compreensão durante a realização deste trabalho.

A minha coorientadora, Dra. Arminda Moreira de Carvalho, que sempre foi uma inspiração e meu maior exemplo na área profissional, pelo suporte fundamental na Embrapa Cerrados, por todos os ensinamentos e disponibilidade, orientação, paciência, conselhos diários, amizade e compreensão em todos estes anos.

Aos Pesquisadores Dr. Robélio Leandro Marchão, Dr. Roberto Guimarães Junior e Dr. Adriano Delly Veira. Em especial a Dra. Alessandra Duarte de Oliveira, por toda ajuda, disponibilidade, orientação, dicas, amizade e suporte ao longo desta trajetória.

A banca examinadora, professora Alessandra Monteiro de Paula, por aceitar o convite e pelas correções, dicas e disponibilidade na realização deste trabalho.

A Doutora Lurdineide Borges pelas correções, contribuições e dicas e neste trabalho.

Aos amigos, que a Embrapa proporcionou e toda “Equipe de Milhões”: Alan, Catharine, Thais Barbosa, Priscila, Artur, Samuel, Igor, Jessica Ferraz, Jessica Lorhane, Gabriela e todos os estagiários e bolsistas pela eficiência e confiança, com os quais eu sempre pude contar. Em especial, agradeço a Douglas Rodrigues, Fernanda Rodrigues, Ana Caroline Fonseca, Marcos Araújo, Heloisa, Julianna, Evelyn, pela amizade, ótimas conversas e parceria de sempre. Compartilhamos muitos momentos e a cada dia aprendo a conviver em meio a tantas diferenças.

A união faz a força, e foi com a ajuda e total apoio de vocês durante a realização deste trabalho, muito obrigada.

A todos os meus amigos que torceram e contribuíram para que eu concluísse com êxito esse desafio, Helen Gomes, Suellen Lopes, Luciano Gomes, Marta Martins, Benedita Martins, Grazielle Coura, Keilyana e Filipe.

À Embrapa Cerrados por disponibilizar a estrutura necessária para a realização desse trabalho. Em especial a equipe de técnicos e analistas: Francisco Delvico, Josias, Lucas, Nelson, Juaci, Vlayrton, Nathalia, Daniella, Orlando, Ironei e Fabiano, que auxiliaram em campo e laboratório, todo acompanhamento, deram todo suporte necessário para realização deste trabalho e todos aqueles funcionários que ajudaram direta e indiretamente neste trabalho.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília e aos seus professores, coordenadores e funcionários. Em especial aos professores, Cicero Celio Figueiredo, Nara Souza, Michele Vilela e Jean Kleber.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Minha gratidão eterna!

RESUMO GERAL

Sousa, Thais Rodrigues de. Estoque de carbono, frações da matéria orgânica, atividade enzimática e teor de nutrientes em café arábica consorciado com braquiária. 2023. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Produção Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

O desenvolvimento agrícola sustentável, resulta em lucros para o agricultor, para a sociedade e o meio ambiente. O café é uma cultura de grande importância no contexto agrícola brasileiro e o Brasil é o maior produtor e exportador dessa commodity, que além de gerar empregos diretos e indiretos, contribui significativamente para o crescimento do PIB nacional. O sistema de cultivo de café consorciado com braquiária no Cerrado tem se expandido pelos benefícios desta forrageira como planta de cobertura, que proporciona maior ciclagem de nutrientes e melhor conservação do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas, consorciada com café arábica (*Coffea arabica* L.), no estoque de carbono, qualidade do solo, acúmulo de nutrientes e produtividade de grãos. O experimento localizou-se no campo experimental da Embrapa Cerrados, sob Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa. A área experimental foi conduzida, inicialmente, com a *Brachiaria decumbens* como planta de cobertura, e em fevereiro de 2019 renovados os cafeeiros cvs. IPR-103 e IPR-99 e feita a implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. Após 2 anos de renovação e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, realizada as avaliações. O delineamento utilizado foi de parcelas subdivididas, com 3 repetições, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo: com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, as subparcelas formadas por duas cultivares de café arábica: cvs. IPR-103 e IPR-99 e a sub-subparcela pela posição de coleta no solo: projeção da copa (PC) e entrelinha do cafeeiro (E). Cada parcela foi constituída por 8 plantas, com espaçamento de 3,5 m nas entrelinhas e 0,5 m entre plantas. O experimento foi manejado com aplicação de estresse hídrico controlado por cerca de 60 dias (estação seca) a fim de induzir uma floração uniforme após retomada da irrigação. O manejo da irrigação realizado através do monitoramento do conteúdo de água no solo. Os tratamentos consistiram em: PCCB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103 consorciado com braquiária); PCCB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99 consorciado com braquiária); PCSB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); PCSB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária) ECB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, com braquiária); ECB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, com braquiária); ESB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); ESB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária). A adubação nitrogenada foi parcelada em quatro aplicações, nos meses de setembro, dezembro, janeiro e março, com ureia, totalizando 400 kg ha⁻¹. Uma aplicação corretiva de 2 ton ha⁻¹ de calcário e gesso foram feitas após colheita em 2021. A amostragem de solo foi realizada nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60 e 60-80 cm, composta por 6 subamostras em cada parcela: 6 subamostras na região central da E e 6 subamostras feitas na PC de forma a cobrir a faixa onde é realizada a adubação. Parte do solo, da camada de 0-10 cm foi separada para a avaliação da atividade enzimática. As folhas do café foram retiradas na parte média das plantas, e secas em estufa a 65°C por 72 horas. As coletas foram realizadas durante 120 dias com intervalos de 30 dias totalizando 5 amostragens (0, 30, 60, 90 e 120 dias). A análise dos macros e micronutrientes foram feitas através da Espectroscopia de Emissão Atômica Acoplada Indutivamente (ICP-OES). O nitrogênio foi determinado por análise de fluxo de injeção (FIA). Não houve diferenças no estoque de carbono nos sistemas de manejo, com e sem a presença da braquiária nas entrelinhas. A presença da braquiária alterou a fração do carbono orgânico particulado (COP), nas profundidades 0-10 e 20-30 cm, entretanto não houve diferença entre as frações húmicas da

MOS. A maior atividade enzimática foi no tratamento ECB (280,83 μg p-nitrofenol g^{-1} solo da arilsulfatase e 180,33 μg p-nitrofenol g^{-1} solo da β -glucosidase), seguida da ESB (212,66 μg p-nitrofenol g^{-1} solo da arilsulfatase e 128,50 μg p-nitrofenol g^{-1} solo da β -glucosidase). Em relação aos nutrientes, o pico de concentração dos nutrientes ocorreu aos 60 dias e os macronutrientes N, Ca, Mg e S esteve na faixa crítica ideal, o P acima do nível crítico e o K abaixo dessa faixa crítica para o cafeeiro. Não houve diferença na produtividade com e sem a presença da braquiária nas entrelinhas do cafeeiro.

Palavras-chave: Cultivo consorciado, qualidade do solo, *Brachiaria decumbens*, *Coffea arabica* L, acúmulo de nutrientes.

GENERAL ABSTRACT

Carbon stock, organic matter fractions, soil enzymes and nutrient content in coffee arabica intercropped with brachiaria. 2023. 97p. Dissertation (Master in Agronomy- Sustainable Production) – University of Brasília, Brasília, DF. Brazil.

The development of sustainable agricultural results in profits for the farmer, society and the environment. Coffee is a crop of great importance in the Brazilian agricultural context. Brazil is the largest producer and exporter of this commodity, in addition to generating direct and indirect jobs, contributes significantly to the growth of national PIB. The coffee intercropping system with brachiaria in the Cerrado has been expanded by the benefits of this forage as a cover plant, which provides greater nutrient cycling and better soil conservation. The objective of this study was to evaluate the effect of Brachiaria (*Urochloa decumbens* Stapf.) between the lines, intercropped Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) the carbon stock, soil quality, nutrient accumulation and grain yield. The experiment was located in the experimental field of Embrapa Cerrados, in a red dystrophic latosol clay texture. The experimental area was initially conducted with Brachiaria decumbens as a cover plant, and in february 2019 the coffee trees cvs. ('IPR-103') and ('IPR-99') and the system was implemented with and without the presence of Brachiaria between the lines. After 2 years of renovation and implementation of the system with and without presence of brachiaria cultivated in the coffee lines. The experimental design used was subdivided plots with 3 replications, with plots consisting of two management systems: with (CB) and without (SB) Brachiaria in the consortium with coffee, the subplots formed by two cultivars of Arabica coffee ('IPR-103') and ('IPR-99') and sub-subplots by the collection position on the ground: coffee cup projection (PC) and coffee interline (E). Each plot consisted of 8 plants per line, spaced 3.5m between lines and 0.5 m between plants. The experiment was managed with the application of controlled water stress for about 60 days (dry season) in order to induce uniform flowering after resumption of irrigation. The irrigation management carried out by monitoring the water content in the soil. The treatments consisted of: PCCB-IPR103 (coffee cup projection cv. IPR-103 intercropped with brachiaria); PCCB-IPR99 (coffee cup projection cv. IPR-99 intercropped with brachiaria); PCSB-IPR103 (coffee cup projection cv. IPR-103, without brachiaria); PCSB-IPR99 (coffee cup projection cv. IPR-99, without brachiaria) ECB-IPR103 (coffee interline cv. IPR-103, with brachiaria); ECB-IPR99 (coffee interline cv. IPR-99, with brachiaria); ESB-IPR103 (coffee interline cv. IPR-103, without brachiaria); ESB-IPR99 (coffee interline cv. IPR-99, without brachiaria). The nitrogen fertilization was divided into four applications, in September, December, January and March, with urea, totaling 400 kg ha⁻¹. A corrective application of 2 ton ha⁻¹ of limestone and gypsum was made after harvest in 2021. Soil sampling was performed out on 01 and 02/12/2021, at depths of 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60 and 60-80 cm, composed of 6 subsamples in each plot: 6 subsamples in the central region of E and 6 subsamples taken in the PC in order to cover the strip where fertilization is performed out. Part of the material of 0-10 cm separated for enzymatic activity. The coffee leaves were removed in the middle part of the plants, stored in paper bags and dried in an oven at 65°C for 72 hours. Samples were collected during 120 days with intervals of 30 days, totaling 5 samplings (0, 30, 60, 90 and 120 days), for the analysis of macro and micronutrients were made through Inductively Coupled Atomic Emission Spectroscopy (ICP-OES), and nitrogen was determined by injection flow analysis (FIA). There were no differences in carbon stock in management systems, with or without the presence of brachiaria between the lines. The presence of brachiaria changed the fraction of particulate organic carbon (COP) at the depths 0-10 and 20-30 cm; however, there was no difference between the humic fractions of SOM. The highest enzymatic activity was in the ECB treatment (280.83 µg p-nitrophenol g⁻¹ arylsulfatase soil and 180.33 µg p-nitrophenol g⁻¹ β-glycosidase soil), followed by ESB (212.66 µg p-nitrophenol⁻¹ arylsulfatase soil and 128.50 µg p-nitrophenol g⁻¹ β-glycoside soil). Regarding nutrients, the peak

concentration of nutrients occurred at 60 days, and macronutrients N, Ca, Mg and S were in the ideal critical range, P was above the critical level, and K was below the critical level for coffee. There was no difference in productivity with and without the presence of brachiaria in the coffee lines.

Keywords: Intercropping, soil quality, *Brachiaria decumbens*, *Coffea arabica* L, nutrient accumulation.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	8
Abstract General.....	10
1. Introdução Geral.....	18
2. Justificativa.....	19
3. Hipoteses.....	20
4. Objetivos.....	21
4.1. Objetivo geral.....	21
4.2. Objetivos específicos	21
5. Revisão da literatura	21
5.1. O bioma Cerrado	21
5.2. O cultivo de café no Brasil e Cerrado	22
5.2.1. Cultivares ‘IPR-103’ e ‘IPR-99’	23
5.2.2. O cultivo de café irrigado	25
5.3. O uso da <i>Brachiaria decumbens</i> como planta de cobertura e a qualidade do solo nos seus diferentes aspectos	25
5.4. Matéria orgânica do solo	28
5.4.1. Matéria orgânica particulada	29
5.4.2. Frações químicas da MOS	30
5.4.3. Atividade enzimática	30
6. Referências Bibliográficas	31
Capítulo I.....	44
Estoque de carbono, frações da matéria orgânica e atividade enzimática do solo sob café arábica consorciado com braquiária decumbens no Cerrado.....	44
Resumo.....	45
Abstract	46
1. Introdução	47
2. Material e métodos	48
2.1. Localização e caracterização do experimento.....	48
2.2. Coleta do solo	51
2.3. Determinação da densidade do solo	52
2.4. Análise de solo	53
2.4.1. Determinação do carbono orgânico total e particulado	53
2.4.2. Determinação do estoque de carbono do solo	53
2.4.3. Substâncias húmicas	55
2.4.4. Atividade de enzimas.....	56
2.5. Análise estatística	56
3. Resultados e discussão	57
3.1. Densidade e estoque de C do solo no café consorciado com <i>Brachiaria decumbens</i>	57
3.2. Relação entre os sistemas de manejo e o teor de CT do solo.....	59
3.3. Efeito do sistema de manejo no estoque de C e nas frações MOS.....	60
3.4. Atividade enzimática	61
3.5. Relação das frações da matéria orgânica com a produtividade, densidade do solo e atividade enzimática	63
4. Conclusões	65
5. Referências Bibliográficas	65
Capítulo II	72
Produtividade e teor de nutrientes no café arábica consorciado com a <i>Braquiária decumbens</i> no Cerrado.....	72

Resumo.....	73
Abstract	74
1. Introdução	75
2. Material e métodos	76
2.1. Localização e caracterização do experimento.....	76
2.2. Avaliação dos resíduos vegetais da braquiária.....	79
2.3. Determinação das concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea de duas cultivares de café arábica cvs. 'IPR-103' e 'IPR 99'	81
2.4. Análise estatística.....	82
3. Resultados e discussão	82
3.1. Composição química de <i>Brachiaria decumbens</i> e produtividade do café.....	82
3.2. Teor foliar de nutrientes das cultivares de café arábica com e sem presença de <i>Brachiaria decumbens</i> em consórcio (escala temporal de zero até 120 dias em relação ao estresse hídrico controlado)	86
4. Conclusões	90
5. Referências Bibliográficas	90
5. Considerações finais	94
Anexo A	95

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.1.** Localização da área experimental na Embrapa Cerrados. Café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado, Planaltina DF...48
- Figura 1.2.** Temperatura média do ar (°C) e precipitação média (mm) da área experimental na Embrapa Cerrados durante o período de janeiro a dezembro de 2021, na região administrativa de Planaltina, DF49
- Figura 1.3.** Croqui da área experimental, em amarelo a área escolhida para as coletas de solo nas entrelinhas dos cafeeiros e em rosa a área escolhida para a projeção da copa das plantas de café52
- Figura 1.4.** Densidade do solo em (g.cm⁻³) na área experimental do café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado. Em verde o tratamento CF-CB (Café arábica consorciado com a *Brachiaria decumbens*) e em azul o tratamento CF-SB (Café arábica sem a presença da *Brachiaria decumbens*)54
- Figura 1.5.** Estoque de C no solo, no café com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas no Cerrado, na profundidade 0-80 cm, em Planaltina-DF, Brasil58
- Figura 1.6.** Carbono total do solo (g.kg⁻¹) sob café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado. Em verde o tratamento CF-CB (Café arábica consorciado com a *Brachiaria decumbens*) e em azul o tratamento CF-SB (Café arábica sem a presença da *Brachiaria decumbens*)60
- Figura 1.7.** Atividade enzimática da β-glucosidase e arilsulfatase no café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, em função da entrelinha do cafeeiro e a projeção da copa da planta de café, no Cerrado. Planaltina-DF. PCCB (projeção da copa da planta de café consorciada com braquiária) ECB (entrelinha do café com a presença de *Brachiaria decumbens*); PCSB (projeção da copa da planta de café sem *Brachiaria decumbens*) ESB (entrelinha do café sem *Brachiaria decumbens*)63
- Figura 1.8.** Análise de componentes principais sob sistema de manejo no café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado64

CAPÍTULO II

- Figura 2.1.** Localização da área experimental na Embrapa Cerrados. Café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas do cafeeiro, no Cerrado, Planaltina, DF.....76
- Figura 2.2.** Temperatura média do ar (°C) e precipitação média (mm) da área experimental na Embrapa Cerrados durante o período de janeiro a dezembro de 2021, na região administrativa de Planaltina, DF77
- Figura 2.3.** Croqui da área experimental na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, Brasil.....79
- Figura 2.4.** Passo a passo da determinação do teor nutricional das folhas do café realizada na área experimental na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Macro e micro nutrientes analisados no plasma óptico e nitrogênio por colorimetria no Lachat Quikchem, FIA QC8500, série 2.....81

Figura 2.5. Cortes realizados na <i>Brachiaria decumbens</i> consorciada com café arábica de duas cultivares (cvs. 'IPR-103' e 'IPR 99') no decorrer do manejo da braquiária, a partir do final do período de estresse hídrico outubro/2021 a março/2022. 1º corte: 20/10/2021; 2º corte: 16/11/2021; 3º corte: 13/01/2021; 4º corte: 22/02/2022 e 5º corte: 30/03/2022.....	86
Figura 2.6. Produtividade de duas cultivares de café com e sem consórcio com <i>Brachiaria decumbens</i> no ano de 2021 na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. CB: com a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas e SB: sem a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas.....	85
Figura 2.7. Concentrações de macronutrientes do cafeeiro em função de duas cultivares do café arábica com e sem consórcio com <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas. 'IPR-99' CB, 'IPR-103' CB, 'IPR-99' SB e 'IPR-103' SB em função do tempo. CB: com a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> no consórcio e SB: sem a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas.....	87
Figura 2.8. Concentrações de micronutrientes do cafeeiro em função de duas cultivares do café arábica com e sem consórcio com <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas. 'IPR-99' CB, 'IPR-103' CB, 'IPR-99' SB e 'IPR-103' SB em função do tempo. CB: com a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> no consórcio e SB: sem a presença de <i>Brachiaria decumbens</i> nas entrelinhas.....	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1.1. Valores médios da análise de variância (ANOVA) para os atributos do solo avaliados no experimento, café consorciado ou não com a <i>Brachiaria decumbens</i> no Cerrado. Est.C: Estoque de C do solo; CT: carbono total; COP: carbono orgânico particulado; AF: Ácido fúlvico; AH: Ácido húmico e Hum: Humina. Sulfa: arilsulfatase; Beta: β -glucosidase.....	56
Tabela 1.2. Frações de carbono em diferentes camadas do solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade) sob sistema de manejo no café consorciado ou não com a <i>Brachiaria decumbens</i> no Cerrado. Carbono orgânico particulado (COP); Ácido fúlvico (AF); Ácido húmico (AH) e Humina (HUM).....	61
Tabela 1.3. Coeficientes de correlação entre as variáveis e a análise de componentes principais (PC1 e PC2), para diferentes manejos na cultura do café.....	64

CAPÍTULO II

Tabela 2.1. Cortes realizados na <i>Brachiaria decumbens</i> no experimento consorciado com café arábica na Embrapa Cerrados Planaltina, DF.....	79
Tabela 2.2. Concentrações de nitrogênio (N), hemicelulose, celulose e lignina (g kg^{-1}), relação lignina/N presentes em resíduos de <i>Brachiaria decumbens</i> no consórcio com café arábica.....	83
Tabela 2.3. Médias obtidas dos macros e micronutrientes presentes em resíduos de <i>Brachiaria decumbens</i> no consórcio com café arábica.....	84
Tabela 2.4. Médias apresentadas para os teores de macro e micronutrientes no café (média de cultivares e consórcio ou não com <i>Brachiaria decumbens</i>).....	89
Tabela 2.5. Média da relação crítica apresentada entre os macronutrientes nas folhas do café arábica consorciada ou não com <i>Brachiaria decumbens</i>	90

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP	Análise de componentes principais
AF	Ácido fúlvico
AH	Ácido húmico
C	Carbono
C:N	Carbono/Nitrogênio
Ca	Cálcio
CB	Com braquiária
CIFIC	Centro de investigação das ferrugens do cafeeiro
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	Carbono orgânico particulado
COT	Carbono orgânico total
°C	Graus Celsius
E	Entrelinha
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FIA	Análise de fluxo de injeção
GEE	Gases de efeito estufa
HUM	Humina
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IH	Índice de humificação
IPEAN	Instituto de pesquisa agropecuária do Norte
Mg	Magnésio
mm	milímetros
mt	Milhões de toneladas
MOS	Matéria orgânica do solo
N, P, K	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PC	Projeção da copa
SB	Sem braquiária
TFSA	Terra fina seca ao ar

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o principal produtor e exportador mundial de café e ocupa a segunda posição entre os países consumidores da bebida (NAKAYAMA et al., 2020; ICO, 2020), cerca de 70% da produção é exportada para outros países (CONAB, 2021). A produção total do café no Brasil na safra de 2021/22 foi estimada em 55,74 milhões de sacas (60 kg), das quais 38,78 milhões são da espécie arábica e 16,95 milhões da espécie *Coffea canephora* grupo conilon. Tal estimativa representa um aumento de 16,8% na safra de 2022 em comparação com a safra anterior estimada em 48,80 milhões de sacas (CONAB, 2022). A cafeicultura brasileira mostra-se promissora, tanto no cenário econômico mundial como também no social e na geração de empregos (CAIXETA, 2017). Os principais fatores responsáveis pelo sucesso da cultura são os avanços em pesquisas no processamento do café e a qualidade da bebida, além dos estudos das diferentes condições ambientais para o seu cultivo (BHUMIRATANA et al., 2011; BARBOSA et al., 2012).

O Cerrado brasileiro é um dos biomas de maior biodiversidade do mundo, ocupando 2 milhões de km², cerca de 24% do território nacional, sendo considerado de grande importância na produção de alimentos, agroenergia e biodiversidade (BONANOMI et al., 2019). Neste contexto, entre as culturas agrícolas perenes cultivadas no Cerrado, o café está entre as mais relevantes, com potencial de expansão em áreas irrigadas, com uso de tecnologias e tratamentos culturais mecanizados (FERNANDES et al., 2012), além do uso de estresse hídrico controlado para padronização da floração do café, permitindo otimizar a produtividade e qualidade do produto final (VEIGA et al., 2019). Seu cultivo foi viabilizado na Região do Cerrado em função das condições edafoclimáticas da região e do uso da irrigação (ROCHA et al., 2014), entretanto, são necessárias práticas de manejo para reduzir os impactos negativos, como as limitações de produção que podem ser afetadas por fatores químicos do solo, restringindo o desenvolvimento da raiz e absorção de nutrientes pelos cafeeiros (CASTRO & CRUSCIOL, 2013).

A ausência de plantas de cobertura nas entrelinhas do cafezal pode proporcionar um manejo inadequado da cultura e conseqüentemente uma degradação contínua da fertilidade do solo, impactos na qualidade do solo e eficiência no uso de insumos (GUIMARÃES & REIS, 2010; RODRIGUES et al., 2022). Contudo é necessária uma escolha correta para cada ambiente, pois constituem-se como aliadas importantes no fornecimento de biomassa, matéria orgânica e cobertura do solo. O consórcio entre café

e outras espécies vegetais, como *Urochloa decumbens* é uma técnica de produção cada vez mais adotada pelos cafeicultores.

A adoção de plantas de cobertura como a braquiária (*Urochloa decumbens*), pode disponibilizar mais nutrientes para o cafeeiro, pela melhoria da fertilidade e aumento matéria orgânica do solo (MOS) (ROCHA et al., 2014), como também pode melhorar a agregação do solo (SILVA et al., 2016), sendo uma estratégia para aumentar os estoques de carbono (C) (CHAHAL et al., 2020; ROSOLEM et al., 2016), e promover o aumento das frações de ácido húmico (AH) e carbono orgânico particulado (COP) (SATO et al., 2019) além da capacidade de manter a qualidade biológica do solo, e promover o aumento da atividade enzimática (RODRIGUES et al., 2022).

Nos sistemas agrícolas, os resíduos vegetais das culturas atuam como uma das principais fonte de incremento de C no solo durante o processo de decomposição (FIGUEIREDO et al., 2018; SATO et al., 2019). A diversidade dos resíduos e sua composição química afetam a dinâmica de C no solo, influência na taxa de decomposição, na biomassa e atividade microbiana (CARVALHO et al., 2012; SCHMATZ et al., 2017; SOARES et al., 2019).

A adoção de sistemas agrícolas sustentáveis nos solos do Cerrado está vinculada a práticas que promovam o acúmulo e a estabilização da MOS (SILVA et al., 2016; SATO et al., 2019). A quantificação de frações da MOS contribui com a determinação do tempo de permanência do C no solo e é fundamental para se entender o efeito do manejo agrícola (PLAZA-BONILLA et al., 2014), sendo estas frações alteradas pela qualidade e quantidade de resíduos vegetais disponíveis e pelos sistemas de manejo (NASCIMENTO et al., 2019; SOARES et al., 2019). A preocupação global com as mudanças climáticas associadas às atividades humanas, além da importância agrícola do Cerrado no contexto nacional e mundial, reforça a importância de estudos com culturas perenes como o café e com a adoção de plantas de cobertura nas entrelinhas, como a braquiária. Esse sistema de consórcio pode agregar valor ao produto final, devido à melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, com potencial de “sequestro” de C.

2. JUSTIFICATIVA

A braquiária nos sistemas diversificados, como em consórcios, são uma alternativa para uma produção sustentável. As gramíneas são conhecidas por sua alta produção de biomassa, raízes abundantes e profundas, que protege o solo e fornece

nutrientes para a cultura consorciada. Essas características contribuem para o sequestro de carbono, melhoria da qualidade do solo, e conseqüentemente benéficos indiretos relacionados à conservação do solo, aumento na eficiência do uso de nutrientes, reduzindo assim perdas e aumentando a ciclagem de nutrientes, com conseqüente redução no uso de insumos como, combustível, defensivos e fertilizantes (HORROCKS et al., 2019; PAUL et al., 2020).

O café, está entre as mais importantes commodities agrícolas do Brasil e a conversão de áreas de pastagem em cafezais, com adoção de boas práticas agrícolas e um manejo adequado propicia a recuperação de áreas degradadas, principalmente, pelo incremento dos estoques de C ao longo do tempo e qualidade do solo (CERRI et al., 2017; ROCHA et al., 2016). As cultivares de café arábica, podem influenciar na qualidade do solo, quando falarmos em cultivares de café, pensamos no aporte de biomassa radicular como também ao porte médio das cultivares, que podem favorecer maior ou menor incidência de radiação, afetando todo o processo de decomposição.

O café consorciado com a braquiária pode ser uma alternativa viável de cultivo sustentável, com maior eficiência na ciclagem de nutrientes e acúmulo de C na sua biomassa aérea e no solo, entretanto, necessita de avanços nos estudos, principalmente, visando o estoque de C no solo, e conseqüentemente, mitigação de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.

3. HIPOTÉSES

- Na região do Cerrado, o cultivo do café consorciado com a braquiária (*Urochloa decumbens*) aumenta o estoque de carbono no solo;
- A posição de coleta do solo (projeção da copa e entrelinha) e as cultivares do café arábica (cvs. IPR 99 e IPR 103) com e sem a presença de braquiária (*Urochloa decumbens*) resultam em diferenças na qualidade do solo e no estoque de carbono, devido a incidência de luz e o sistema radicular das cultivares de café.
- Na região do Cerrado, a presença braquiária (*Urochloa decumbens*) em consórcio com o café arábica promove uma melhoria na qualidade do solo e no seu funcionamento biológico.
- Na região do Cerrado, a presença braquiária (*Urochloa decumbens*) em consórcio com o café arábica (cvs. IPR-99 e IPR-103) aumenta a disponibilidade de nutrientes e a produtividade do cafeeiro.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas consorciada com café, na qualidade do solo, acúmulo de nutrientes e produtividade.

4.2. Objetivos específicos

- Estimar o estoque de C para cultura do café consorciado ou não com a braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas em função da posição de coleta do solo e cultivares;
- Quantificar as frações lábeis e estáveis da MOS além da atividade enzimática em solo cultivado com café consorciado ou não com a braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas em função da posição de coleta do solo e cultivares;
- Quantificar os teores de nutrientes e a produtividade no café consorciado ou não com a braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) em função do sistema radicular de duas cultivares de café arábica (*cvs.* IPR 99 e IPR 103).

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. O bioma Cerrado

O Cerrado é a maior savana do mundo, conhecido pela diversidade fitofisionômica e por apresentar uma rica flora, com aproximadamente uma extensão de 2 milhões de km² (SANO et al., 2020). Possui grande importância estratégica para a segurança alimentar e manutenção da biodiversidade (BOLF et al., 2020). A conversão de áreas nativas para a agricultura ultrapassa 30% na maioria das regiões e mais de 50% de áreas agricultáveis em três regiões, sendo Planalto Central (50,2%), Paraná Guimarães (61,9%) e Basaltos do Pará (71,5%) (SANO et al., 2019).

O clima do Cerrado é considerado sazonal, com eventos de chuva de outubro a março e seca de abril a setembro. As temperaturas variam entre 22°C e 27°C, e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.500 mm (SILVA et al., 2014). Sua geomorfologia proporciona uma produção agrícola em larga escala, que aliados ao crescimento desordenado das áreas urbanas vem gerando transformações e problemas ambientais (VACCHIANO et al., 2019). A vegetação do Cerrado ocorre em sua maioria

nos Latossolos. Estes, são solos intemperizados e profundos, possuem boas condições físicas e que favorecem a mecanização (SANTOS et al., 2018)

O Brasil tornou-se a partir de 1970, um importante exportador de commodities agrícolas, espera-se que o setor agropecuário do Cerrado continue a crescer, e um dos pontos críticos é a mudança do uso da terra (SOTERRONI et al., 2019), que resulta em problemas ambientais e de degradação, com prováveis alterações climáticas (BEUCHLE et al., 2015), além dos efeitos negativos nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (FERREIRA et al., 2016). Estima-se que a taxa de expansão agrícola em áreas nativas do Cerrado seja de 3% ao ano (SILVA et al., 2017; NEGRI et al., 2019; VACCHIANO et al., 2019).

A partir da década de 90, ocorreram mudanças significativas no uso e cobertura do solo, sendo que mais de 14.000 km² de vegetação nativa foram convertidos em agricultura e pecuária anualmente (GRANDE et al., 2020). Com a crescente exploração de terras agricultáveis e a crescente preocupação com a degradação do bioma Cerrado, deve-se ressaltar a importância de estudos nessas temáticas, levando em consideração sistemas de manejo mais conservadores para otimizar a produção de culturas, mantendo a biodiversidade e os recursos naturais para as gerações futuras (RESCK et al., 2008). Dessa forma, a adoção de boas práticas agrícolas visando a melhoria e conservação do solo é essencial para uma agricultura sustentável.

5.2. O cultivo de café no Brasil e no Cerrado

O café é uma espécie perene e lenhosa, pertencente à família Rubiácea e ao gênero *Coffea*. O gênero *Coffea* é representado por mais de 100 espécies (DAVIS et al., 2006). A maioria das espécies são originária de Madagascar e Ilhas vizinhas, sendo uma quantidade menor nativa da África Continental, com destaque para as duas principais espécies de cafeeiro: *Coffea arábica* L., popularmente conhecida como café arábica, e *Coffea canephora* P., conhecida como café conilon ou café robusta (FERRAZ, 2013), e estas são as principais espécies cultivadas no Brasil.

A introdução do café no Brasil ocorreu em 1722, em Belém-PA e em seguida no Maranhão, expandindo-se para o Rio de Janeiro e posteriormente em 1780 ao Vale do Paranaíba, sendo a comercialização feita pelo porto do Rio de Janeiro. A partir de 1860, São Paulo tornou-se o principal centro produtor de café e o porto de Santos iniciou as exportações, para mais tarde então ser o principal local de negociações e exportações do café brasileiro (ORMOND et al., 1999). O *Coffea arábica*, já era conhecido no Brasil

desde o século XVII, porém a partir do início do século XIX tornou-se um produto para exportação (FURTADO, 1972). Desde então, no Brasil, a cultura destacou-se como uma das atividades agrícolas mais importantes, com grande influência na economia (ICO, 2020; EMBRAPA, 2019). A trajetória do café no Brasil é reflexo da dinâmica de sua incorporação no cenário mundial e das características da cultura (ORMOND et al., 1999), promovendo o avanço da cafeicultura nacional (FAVARIN et al., 2018).

A safra brasileira de café em 2022 teve um crescimento da produção, em 50,9 milhões de sacas de café beneficiado (CONAB, 2022). Em 2021, o volume total de café produzido foi de 47,71 milhões de sacas de café beneficiado, sendo 31,42 milhões de sacas do *Coffea arábica*, com redução de 35,5% comparado com 2020 e 16,29 milhões de sacas do *Coffea canéfora*, com incremento de 13,8% em relação à safra de 2020. Com um ciclo de bienalidade, os efeitos ficam mais evidentes na fase de produção, especialmente para o café arábica que é mais sensível em comparação ao conilon (CONAB, 2021). Entretanto, o café arábica possui bebida de melhor qualidade, dando origem aos cafés finos que geram bebidas nobres com variedades de sabores e aromas únicos para a exportação (EMBRAPA, 2014).

A produção de café no Cerrado ocorreu de forma significativa, em destaque nos Estados de Minas Gerais e Goiás. Em 2019, as lavouras de café de Goiás foram beneficiadas pelo regime de chuvas em grande parte do desenvolvimento da cultura, com baixa restrição hídrica (CONAB, 2019). A distribuição pluviométrica e as propriedades físico-hídricas dos solos condicionaram o uso da irrigação e, conseqüentemente, aumentos de produtividade da cultura (LIMA et al., 2008; COSTA et al., 2013) e da qualidade do café produzido nessa região (MARTINS et al., 2007). A cafeicultura, estendeu-se aos solos do Cerrado, com maior produtividade associada principalmente com a utilização apropriada de irrigação, mecanização e adubação, além das definições das estações climáticas (FERNANDES et al., 2012).

5.2.1. Cultivares 'IPR-103' e 'IPR-99'

Nos últimos anos, para atender as demandas de diferentes cultivos, têm sido desenvolvidas cultivares de café com características específicas e condições para as diferentes regiões (MENDONÇA et al., 2007). No Brasil, na maioria das áreas de café arábica são utilizadas cultivares do germoplasma *Catuai*, que apresenta alta produtividade, adaptabilidade e maturação tardia, similar a cultivar 'IPR-103' adaptada para regiões quentes e solos pobres.

A variedade 'IPR-103' tem sua origem do cruzamento de cafeeiros dos grupos *Catuai* e *Icatu*, feito pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 1972, incorporando algumas características de genes como rusticidade biótica e abiótica similar a *Icatu* e desenvolvida pelo método genealógico (SERA et al., 2007). Possui características de alto potencial produtivo, frutos e grãos de tamanho médio (REGHIN et al., 2018), formato cilíndrico, diâmetro de copa e comprimento de internódios médios similares aos da *Catuai*. Entretanto, apresenta ciclo de maturação tardia e, susceptível à ferrugem, necrose e mumificação dos frutos, podendo ser cultivada em regiões com temperatura média anual entre 19°C e 21°C e em regiões mais quentes com temperatura média anual entre 22°C e 23°C (SERA et al., 2013).

A cultivar 'IPR 103' é mais indicada para cultivos adensado, semi-adensado e tradicional. Em regiões consideradas quentes e sem uso de irrigação, é recomendado um espaçamento mais estreito devido ao diâmetro da copa da planta ser menor e a ramificação menos intensa. Já com o uso de fertirrigação, são indicados espaçamentos mais largos, podendo variar de 2,5 a 3,0 m, dependendo do nível de mecanização da lavoura (SERA et al., 2013).

A cultivar 'IPR-99' é originária do cruzamento de *Coffea arábica* “Villa Sarchi” CIFIC971/10 e “Híbrido de Timor” CIFIC 832/2. Em 1977, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) introduziu a geração F3 (C1816-EP141 c.1567), denominada 'PR 77028'. A progênie F4 PR LF 77028 foi então selecionada. Plantas individuais foram selecionadas e posteriormente denominada 'IPR-99', considerada pelos cafeicultores uma opção ideal quando se busca alta produtividade, melhor qualidade e estabilidade de rendimento (SERA, 2001). Suas características incluem aroma intenso e adocicado, baixa adstringência e acidez moderada. Possui porte médio, frutos amarelos, excelente vigor vegetativo e ramificação abundante. Os frutos amadurecem na segunda quinzena de maio e segunda quinzena de julho, a colheita é realizada em etapas, assim obtém-se mais frutos no ponto ideal de maturação (SERA et al., 2013).

A cultivar 'IPR-99', foi lançada em 2005, e é adaptada para regiões cafeeiras de cultivos adensado, áreas de temperatura com média anual entre 19°C e 22°C (SERA et al., 2013), visando alta produtividade e baixo custo de produção (SERA, 2001). O espaçamento entre linhas no sistema de cultivo intensivo mecanizado pode variar de 2,5 a 3 m de acordo com a área de cultivo e o nível de mecanização (SERA et al., 2013). Em relação a doenças, a 'IPR-99' é resistente ao vírus da mancha anelar do café e possui

resistência parcial à ferrugem da folha (*Hemileia vastatrix* Berk.et Br.) podendo haver eventual necessidade de controle químico (SERA et al., 2010).

5.2.2. O cultivo de café irrigado

O fundamento básico da irrigação é o fornecimento de água às culturas de maneira a atender as demandas hídricas durante o seu ciclo, viabilizando um produto de boa qualidade. Contudo, seu uso crescente tem exigido o aprimoramento de técnicas nos sistemas de produção agrícola. O avanço tecnológico da irrigação vem sendo implantado em sistemas de produção de café no Cerrado, como alternativa na melhoria da qualidade do processo de produção (ROCHA et al., 2014). O manejo correto da irrigação pode manter e aumentar a produtividade das culturas e melhorar a qualidade dos grãos (PATANÉ et al., 2011; SANTESTEBAN et al., 2011), além do efeito positivo sobre o armazenamento de C no solo (ROCHA et al., 2016). A quantidade total de água aplicada a uma cultura depende da espécie, tipo de solo e condições da região.

A condição de déficit hídrico no cafeeiro pode reduzir a altura, a largura da copa, o diâmetro do tronco e o rendimento do café (PERDONÁ & SORATTO, 2015; SAKAI et al., 2015), além de fatores relacionados a senescência precoce das folhas e a morte dos brotos de frutificação, com impacto direto no rendimento (WALLER et al., 2007). O uso eficiente da irrigação possibilita uma distribuição mais uniforme do sistema radicular do cafeeiro (MINIUSSI et al., 2015), proporciona altos rendimentos e qualidade nos grãos de café (COSTA et al., 2013).

Portanto, o conhecimento da demanda hídrica no café é de grande importância, pois fornece a informação para áreas irrigadas, visando o aumento da eficiência, com melhorias no dimensionamento e manejo do sistema de irrigação. Diante disso, pode ser considerada uma ferramenta para o produtor viabilizar a produção e aumentar a produtividade na região.

5.3. O uso da *Brachiaria decumbens* como planta de cobertura e a qualidade do solo nos seus diferentes aspectos

A escolha de espécies vegetais para a introdução nos sistemas de produção depende da sua adaptação às condições edafoclimáticas de cada região, do sistema de cultivo e do interesse do produtor (LEMESSA & WAKJIRA, 2015). O conhecimento sobre a adaptação da espécie ao escolher uma planta de cobertura para região é importante para seu crescimento e desenvolvimento (BORGES et al., 2015). As espécies escolhidas

devem se desenvolver bem em condições de baixa a média fertilidade do solo, ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo, além da adequada disponibilidade de sementes e a utilização comercial (ERNANI et al., 2001).

A introdução de plantas de cobertura em sistemas de produção pode aumentar a sua capacidade produtiva, promover melhorias na qualidade do solo (SOARES et al., 2019), além de aumentar os teores de MOS (KAUFMAN et al., 2013; ROSOLEM et al., 2016). Estudos no Cerrado mostraram que a irrigação associada às plantas de cobertura (*Urochloa decumbens* Stapf) nas entrelinhas de café favoreceu a estabilidade de agregados e o teor de C orgânico total (COT) na superfície do solo (ROCHA et al., 2014; BICALHO, 2011). Essas espécies vegetais desempenham papel fundamental na qualidade física, química e biológica do solo (SOARES et al., 2019), na estabilidade de agregados (SILVA et al., 2016) e na agregação do solo (SILVA et al., 2016; BERTOLLO & LEVIEN, 2019). A cobertura vegetal fornecida pelas plantas de cobertura reduz o escoamento de água, erosão do solo, e diminui a lixiviação de nitrato (ZUAZO & PLEGUEZUELO, 2008; KAUFMAN et al., 2013).

A recomendação de plantas de cobertura nos sistemas agrícolas do Cerrado é uma estratégia para aumentar o acúmulo de palhada na superfície do solo (CARVALHO et al., 2014; WUTKE et al., 2014). A produção de matéria seca depende das condições edafoclimáticas, da época de cultivo, idade de corte e sensibilidade ao fotoperíodo (SILVA et al., 2011). Entretanto, as condições climáticas nas regiões de Cerrado favorecerem a decomposição dos resíduos vegetais (CARVALHO et al., 2012), sendo a composição química do tecido vegetal (CARVALHO et al., 2008), fator importante nesse processo de decomposição. O uso das plantas de cobertura pode amenizar os danos causados pelo aumento e amplitude da temperatura (MARTINEZ et al., 2015) conseqüentemente, na adaptação às mudanças climáticas. Diante disso, podem ser selecionadas espécies de plantas de cobertura do solo, em consórcio, rotação ou em sucessão (EMBRAPA, 2012).

A *Brachiaria decumbens* (*Urochloa decumbens*) é proveniente da região dos grandes lagos em Uganda (África), e adaptou-se bem no Brasil, principalmente no Cerrado (BUENO & VILELA, 2002). O desenvolvimento da parte aérea desta espécie fornece cobertura do solo, protegendo-o, e também o sistema radicular fasciculado, mais denso, retém as partículas de solo e evita perda por erosão, permitindo sua conservação ao longo dos cultivos (SANTOS et al., 2014). Além disso, a braquiária pode associar-se a fungos micorrízicos arbusculares (BARBOSA et al., 2019) e aumentar a biomassa

microbiana no solo (GICHANGI et al., 2016). Entretanto, mesmo sendo considerada uma planta invasora para a maioria das culturas perenes no Cerrado, possui alto potencial no consórcio com café, pois apresenta adaptabilidade às condições locais, arquitetura adequada ao sistema produtivo, auxilia no controle de plantas daninhas, e controla a resistência à mecanização na ação direta das raízes na estrutura do solo (ROCHA et al., 2014; WUTKE et al., 2014).

As espécies de braquiária destacam-se pela adaptação aos solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento, alta produção de biomassa aérea e radicular, inclusive reciclam e incorporam teores relevantes de Ca, K, e Mg no solo (TEIXEIRA et al., 2014). Estudos mostram o potencial dessa planta para recuperar solo degradado em área explorada por mineração e cultivada com eucalipto (STUMPF et al., 2016; RIZZO & CASTRO, 2000; CAVALCANTE et al., 2019), o efeito positivo da braquiária no desenvolvimento do café (SILVA et al., 2015), o incremento de C do solo (SEGNINI et al., 2019) e na formação de agregados do solo, principalmente nas áreas do Cerrado (ROCHA et al., 2016; SILVA et al., 2016).

A composição química dos resíduos vegetais é variável entre as diferentes espécies de plantas, estágios vegetativos, além da variação das partes de mesma planta, e sua decomposição é influenciada pelos seus componentes estruturais como a celulose, hemicelulose e lignina (COSTA, 1991), que regulam a taxa de decomposição dos resíduos culturais (CARVALHO et al., 2012), além da relação C/N (CARVALHO et al., 2014) que, conseqüentemente afeta a dinâmica e a acumulação das frações da MOS.

Os microrganismos do solo aumentam seu metabolismo quando há uma maior disponibilidade de resíduos vegetais em decomposição, possibilitando maior ciclagem de nutrientes em função da relação C/N, lignina/N e dos teores de lignina, celulose e hemicelulose (CANTARELLA, 2007; CARVALHO et al., 2011; 2012), associadas às condições edafoclimáticas que alteram a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais, e a disponibilidade de nutrientes do solo (CARVALHO et al., 2008; 2011; 2012).

Os componentes estruturais desempenham um papel fundamental na decomposição dos resíduos vegetais. Menores concentrações de lignina resultam em decomposição mais acelerada de resíduos vegetais, com potencial de ciclagem mais rápida de nutrientes e maiores produtividade das culturas (CARVALHO et al., 2011; 2012). O teor de celulose em plantas geralmente aumenta com o amadurecimento, podendo ser menor que 15% do peso seco para plantas jovens (DENG & TABATAI,

1994). Já a hemicelulose é o segundo maior componente dos vegetais, sua decomposição é geralmente mais rápida e excede a taxa de decomposição da celulose e lignina. (CARVALHO et al., 2011; 2012; 2015).

5.4. Matéria orgânica do solo (MOS)

A MOS é a principal responsável pela manutenção dos solos tropicais e para produtividade e sustentabilidade do agroecossistema (WENDLING et al., 2010), seja por formar a bioestrutura do solo, ou liberar ácidos orgânicos e álcoois durante a decomposição, que atuam como fonte de C aos microrganismos e as substâncias intermediárias produzidas no processo de decomposição que podem ser absorvidas pelas plantas (BOULAL et al., 2011).

O conteúdo de MOS e suas frações são mais sensíveis para expressar as alterações na qualidade do solo (FONTANA et al., 2011; DUVAL et al., 2020). Os modelos conceituais para fracionar a MOS com base na complexidade de suas estruturas baseiam-se na composição química ou grau de estabilidade da MOS (DIEKOW, 2003). Duxbury et al. (1989) descreveram os componentes orgânicos em três reservatórios: biológico (formado pelos microrganismos); lábil (formado por materiais prontamente disponíveis para decomposição); e físico-químico (físico e quimicamente protegidos do ataque de microrganismos). De modo geral, os compartimentos da MOS estão intimamente relacionados e as diferenças na dinâmica de formação dessas frações são baseados em fatores biológicos, físicos e químicos, ou na interação entre eles.

No contexto das mudanças climáticas, os solos representam o maior reservatório de C na superfície da Terra, e podem contribuir para o “sequestro” de C (IZAURRALDE et al., 2006) e mitigação das emissões de GEE (CHENU et al., 2019), uma vez que o C desempenha papel fundamental nos processos que envolvem essas mudanças climáticas globais (CARVALHO et al., 2010). Portanto, o uso e manejo do solo podem alterar significativamente os estoques de C no solo (SIX et al., 2002) e, conseqüentemente as emissões de GEE (CARVALHO et al., 2010). O entendimento das relações entre MOS, ciclagem de nutrientes, emissão de CO₂ para a atmosfera é imprescindível para o manejo conservacionista e sustentável dos sistemas agrícolas (CARDOSO et al., 2010; VICENTE et al., 2014).

A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo e o não revolvimento do mesmo proporcionam o acúmulo do material orgânico no perfil pela decomposição gradual dos resíduos (FRANZLUEBBERS et al., 2007). No entanto, fatores ambientais e

antrópicos interferem no aumento ou redução dos estoques de C do solo, como a conversão da vegetação nativa do Cerrado em agropecuária (CARVALHO et al., 2014; BORGES et al., 2019; RAMOS et al., 2022), disponibilidade hídrica (KLEIN & KLEIN, 2015), condições climáticas, além da quantidade e manejo dos resíduos culturais mantidos na superfície do solo (SANTOS et al., 2009). Dessa forma, as mudanças nos estoques de C são influenciadas pela composição química dos resíduos e características edafoclimáticas, que quando relacionadas aos sistemas de cultivos podem levar a perda acelerada dos estoques de C (LOSS et al., 2014).

Nesse sentido, o entendimento da dinâmica do C no solo a partir das suas diferentes frações, possibilita respostas sobre o efeito mitigador nos agrossistemas.

5.4.1. Matéria orgânica particulada

Nos sistemas agrícolas, a entrada e a saída de C são afetadas pelo preparo do solo, sistema de manejo, práticas agrícolas e, principalmente, pelo manejo dos resíduos culturais (CAMPOS et al., 2011; COSER et al., 2016). Diferentes frações da MOS, como o COP, vem sendo utilizadas como indicadores da qualidade do solo, por serem mais susceptíveis as alterações de manejo do solo do que o COT (ROSSI et al., 2012; KUNDE et al., 2016; FACCIN et al., 2017). Uma forma de avaliar e determinar a relação existente entre as práticas de manejo e a qualidade do solo é através do monitoramento de seus atributos (LAL, 2015).

As avaliações da MOS são feitas a partir da determinação do COT e suas frações, como o COP, que contribuem com cerca de 3 a 20% do COT do solo, sendo composto principalmente por restos culturais em vários estágios de alterações (CONCEIÇÃO, 2006). Em sistemas com maior aporte de biomassa, ocorre também acúmulo de C na matéria orgânica (MO) particulada (ROSSI et al., 2012). A principal função da MO particulada é ser fonte de energia e nutrientes aos microrganismos, além de ser importante para os processos de formação e estabilização dos agregados, transformações bioquímicas dos elementos e aumento de cargas no solo (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000; SIX et al., 2002). A disposição temporal e o uso de plantas de cobertura com elevada produção de biomassa podem interferir positivamente sobre os estoques de C nas frações da MOS (BAYER et al., 2001; FIGUEIREDO et al., 2018; SOARES et al., 2019), incluindo a COP (SANTOS et al., 2014), a quantidade e qualidade dos resíduos culturais, frequência e duração dos cultivos (SANTOS et al., 2011). FIGUEIREDO et al. (2010) observaram que

as maiores alterações de C orgânico por uso do solo no Cerrado ocorreram na fração da COP, por ser mais lábil e, decomposição mais imediata.

5.4.2. Frações químicas da MOS

A decomposição dos resíduos vegetais influencia nas frações da MOS, que auxiliam na formação de ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM), responsáveis por favorecer a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento das plantas (DOBBS et al., 2008). A permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo promove a decomposição e o aumento dos teores de MOS de forma gradual, liberando nutrientes para as plantas.

A MOS é formada por diversas frações com variações de tempo de residência (LIMA et al., 2008). As frações químicas são compostas por frações lábeis e húmicas que são mais recalcitrantes e predominam em áreas nativas (NASCIMENTO et al., 2017). As plantas de cobertura podem aumentar as frações de AH e COP (SATO et al., 2019), por outro lado a fração insolúvel HUM é menos afetada pelo manejo (HAYES et al., 2017). As substâncias húmicas são consideradas frações de maior estabilidade, correspondem a cerca de 80% do C presente no solo e são distinguidos pela cor, massa molecular, grupos funcionais e grau de polimerização (STEVENSON, 1994).

A capacidade de proteger e estabilizar o C depende das práticas de manejo e das propriedades do solo (BAYER et al., 2011), sendo que o acúmulo de C em suas formas mais estáveis está diretamente relacionado ao maior grau de estabilização da MOS (PLAZA-BONILLA et al., 2014) e, portanto, menos exposta a mineralização e perda de MOS em forma de GEE para atmosfera (LAL, 2004; SATO et al., 2019). Em estudos com a braquiária, sua introdução no cultivo do café proporcionou alterações nos teores de COP (ROCHA et al., 2016).

5.4.3. Atividade enzimática

As enzimas são os agentes mediadores da decomposição da MOS, responsáveis por controlar os processos fundamentais na decomposição da MOS e ciclagem de nutrientes (MOGHIMIAN et al., 2017). As enzimas estão presentes em todos os seres vivos, desde microrganismos até animais e plantas (SINGH et al., 2019). No solo, são produzidas por microrganismos, exsudadas por plantas ou resultantes de decomposição da biomassa vegetal, animal e microbiana (DAS & VARMA, 2010). São consideradas uma ferramenta para avaliação bioquímica do solo, e em geral, estão associados com bons índices de produtividade das culturas (WAHSHA et al., 2017; ARAGÃO et al., 2020).

As atividades das enzimas do solo são excelentes indicadores de qualidade do solo (LOPES et al., 2013; MENDES et al., 2021) por sua sensibilidade e resposta mais rápida a mudanças no manejo agrícola quando comparadas a MOS (MENDES et al., 2019; 2021; ARAGÃO et al., 2020). São diretamente relacionadas aos processos de aquisição, fixação e retenção de moléculas, o que contribui significativamente para a maior absorção de nutrientes pela planta (NGUYEN et al., 2017), respondem às reações microbianas envolvidas na ciclagem de nutrientes (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007; RAIESI & SALEK-GILANI, 2018).

A arilsulfatase é responsável pela hidrólise de ésteres de sulfatos orgânicos no solo (TABATABAI, 1994), enquanto a β -glucosidase hidrolisa a maltose e a celobiose levando à produção de glicose que serve como um fornecimento de C para os microrganismos (MERINO et al., 2016). Portanto, essas enzimas têm papel no ciclo do enxofre (S) e C no solo. Estas enzimas são muitas vezes intimamente relacionadas à MOS e apresentaram correlações positivas com café (ARAGÃO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2022).

Práticas agrícolas, como rotação de culturas, fertilização nitrogenada e o uso de braquiária afetam a atividade enzimática do solo (BANDICK & DICK, 1999; BALOTA et al., 2004; SIMON et al., 2017; CHEN et al., 2018; RODRIGUES et al., 2022). A compreensão da atividade enzimática é de extrema importância, pois atua como indicador do estado de degradação do solo (DAS & VARMA, 2010) e responde rapidamente às mudanças que ocorrem no solo devido ao manejo (MENDES et al., 2019).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, O.O.S.; OLIVEIRA-LONGATTI, S.M.; CAPUTO, P.S.C.; RUFINI, M.; CARVALHO, G.R.; CARVALHO, T.S.; MOREIRA, F.M.S. Microbiological indicators of soil quality are related to greater coffee yield in the Brazilian Cerrado region. **Ecological Indicators**, v.113, 2020. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106205.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v.23, n.3, p.66-75, 2007.

BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v.31, n.07/08, p.697-710, 2000.

BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Soil enzyme activities under longterm tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.35, p.300-306, 2004.

BANDICK, A. K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.1471-1479, 1999.

BARBOSA, J.N.; BOREM, F.M.; CIRILLO, M.A.; MALTA, M.R.; ALVARENGA, A.A.; ALVES, H.M.R. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil, **Journal of Agricultural Science**, v.4, p.181-190, 2012.

BARBOSA, M.V.; PEDROSO, D.F.; PINTO, F.A.; SANTOS, J.V.; CARNEIRO, M.A.C. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Urochloa brizantha*: symbiosis and spore multiplication. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.49, 2019.

BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; TORNQUIST, C.G.; CERRI, C.E.C.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J.A.; NICOLOS, R.S. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. editores. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.55-118, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; PILLON, C.N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1473-1478, 2001.

BERTOLLO, A.M.E.; LEVIEN, R. Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.25(3), p.208-218, doi: 10.36812/pag.2019253208-218. 2019.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; SHIMABUKURO, Y.E.; SELLINGER, R.; EVA, H.D.; SANO, E.; ACHARD, F. Landcover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Journal of Applied Geophysics**. ed.58, p.116-27, 2015.

BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS I.V.E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT -Food Science and Technology**, v.44, p.2185-2192, 2011.

BICALHO, I.M. Alteração na agregação e carbono orgânico total em solo cultivado com café sob diferentes sistemas de manejo. **Enciclopédia biosfera**, v.7, p.1-14, 2011.

BOLFE, E.L.; SANO E.E.; CAMPOS, S.K. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. Brasília, **Embrapa**. P. 312, 2020.

BONANOMI, J.; TORTATO, F.R.; GOMES, R.S.R.; PENHA, J.M.; BUENO, A.S.; PERES, C.A. Protecting forests at the expense of native grasslands: Land-use policy encourages open habitat loss in the Brazilian Cerrado biome. **Perspectives Ecology and Conservation**. ed.17, p.26-31, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.12.002>.

BORGES, L.A.B, RAMOS, M.L.G., FERNANDES, P.M., CARNEIRO, M.A.C., & SILVA, A.M.M. Organic cultivation of sugarcane restores soil organic carbon and nitrogen. **Organic Agriculture**, v. 9, p. 435-444, 2019.

- BORGES, W.L.B.; FREITAS, R.S.D.; MATEUS, G.P.; SÁ, M.E.D.; ALVES, M.C. Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v.45(5), p.799-805, 2015.
- BOULAL, HAKIM.; GÓMEZ-MACPHERSON, HELENA.; GÓMEZ, J. A.; MATEOS, L. Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. **Soil & Tillage Research**, v.115, p.62–70, 2011.
- BUENO, G.B.M.JR.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2002. 32 p. 2002.
- CAIXETA, G. Z. Aspectos Econômicos da Cadeia do Café. Belo Horizonte. EPAMIG, p.236. 2017.
- CAMPOS, B.C.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R. S.; FIORIN, J.E. Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.805-817, 2011.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p.375-470, 2007.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURTI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e Nitrogênio em Solo sob Florestas Nativas e Pastagens no Bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1028-1035, 2010.
- CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; JÚNIOR, R. G.; FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no- tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop and Pasture Science**, v.63(12), p.1075–1081. 2012. <https://doi.org/10.1071/CP12272>.
- CARVALHO, A.M.; COSER, T.R.; REIN, T.A.; DANTAS, R.A.; SILVA, R.R.; SOUZA, K.W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.551–561, 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2015000700005.
- CARVALHO, A.M.; MARCHÃO, R.L.; SOUZA, K.W.; BUSTAMANTE, M.M.C. Soil fertility status, carbon and nitrogen stocks under cover crops and tillage regimes. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.914–921. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500007>.
- CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; ALVES, P.C.A.; JUNIOR G.R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants that present potential use in integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46 n.10, p.1200–1205. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>.
- CARVALHO, C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: **Embrapa Café**, 2008.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.277-289, 2010.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, Amsterdam, v.195-196, p.234-242, 2013.

CAVALCANTE, D.M.; CASTRO, M.F.; CHAVES, M.T.L.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, T.S. Effects of rehabilitation strategies on soil aggregation, C and N distribution and carbono management index in coffee cultivation in mined soil. **Ecological Indicators**, [S. I.], v.107, p.105668, doi:10.1016/J.E.COLIND.2019.105668. 2019.

CERRI, C.C.; MOREIRA, C.S.; ALVES, P.A.; TOLEDO, F.H.R.B.; CASTIGIONI, B. A.; RODRIGUES, G.A.A.; CERRI, D.G.P.; CERRI, C.E.P.; TEIXEIRA, A.A.; CANDIANO, C.A.C.; REIS, M.R.; D'ALESSANDRO, S.C.; TURELLO, L. Soil carbon and nitrogen stocks due to land use change in coffee areas at minas gerais state. **Coffee Science**, v.12, p.30-41, 2017.

CHAHAL, I.; VYN, R.J.; MAYERS, D., VAN EERD, L.L. Cumulative impact of cover crops on soil carbon sequestration and profitability in a temperate humid climate. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.13381, doi:10.1038/s41598-020-70224-6. 2020.

CHEN, L.; WEI, G.; HAI-YAN, X.; GUI-LIAN, Y.; XIAO-FENG, S.; GUANG, C. YUAN-HUAN, K. CHUN-FENG, W. AI-DONG, Q. Comparative genome analysis of *Bacillus velezensis* reveals a potential for degrading lignocellulosic biomass. **3 Biotech**, Berlim, v.8, n.5, p 253 (1-5), maio. 2018.

CHENU, C.; ANGERS, D.; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; ARROUAYS, D.; BALESSENT J. Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. **Soil and Tillage Research**. v.188, p.41-52, 2019. doi:10.1016/j.still.2018.04.011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café: v. 5– Safra 2022, n. 1 -Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-60, Disponível em: <http://www.conab.gov.br> ISSN 2318-7913.

CONAB. Safra Brasileira de Café. 4º levantamento de Café. Safra 2021. Dezembro de 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 20fev. 2022.

CONAB. Safra Brasileira de Café. Safra 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 12 out. 2019.

CONCEIÇÃO, P.C. Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil. 2006. 138p. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

COSER, T.R.; RAMOS, M.L.G.; FIGUEIREDO, C.C.D.; CARVALHO, A.M.; CAVALCANTE, E.; MOREIRA, M.K.D.R.; ARAUJO, P.S.; OLIVEIRA, S.A.D. Soil

microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9, p. 1660-1667, 2016.

COSTA, A.R. da; SATO, J. H.; RAMOS, M.L.G.; FIGUIREDO, C.C.de.; SOUZA, G.P. de.; ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.55-65, 2013.

COSTA, M. B.B.; CALEGARI, A.; MIYASAKA, S.; BULISANI, E.; AMADO, T.; MONDARDO, A.; WILDNER, L. Adubação Verde no Sul do Brasil. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, v. 2000, p.27-28, 1991.

DAS, S.K.; VARMA, A.J.I.T. Role of enzymes in maintaining soil health. In: Soil enzymology. **Springer**, Berlin, Heidelberg. p.25-42. 2010.

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.H.A.; BRIDSON, D.M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v.152, n.4, p.465-512, 2006.

DENG, S.P.; TABATABAI, M.A. Cellulase activity of soils. *Soil Biology & Biochemistry*. **Biochem.** v.26. p.1347-1354, 1994.

DIEKOW, J. Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Porto Alegre-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 164p. **Tese de Doutorado**. 2003.

DOBBS, L B.; CANELLAS, L.P.; ALLEONI, L.R.F.; REZENDE, C.E.; FONTES, M. P.F.; VELLOSO, A.C.X. Eletroquímica de Latossolos Brasileiros após a remoção da Matéria Orgânica Humificada Solúvel, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.985 – 996, 2008. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300008>.

DUVAL, M.E.; MARTINEZ, J.M.; GALANTINI, J.A. Assessing soil quality indices based on soil organic carbon fractions in different long-term wheat systems under semiarid conditions. **Soil Use and Management**, v.36, p.71–82. 2020. <https://doi.org/10.1111/sum.12532>.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: University of Hawaii Press. p. 33-69. 1989.

EMBRAPA (Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil -maior produtor mundial de café - exporta 35,15 milhões de sacas com média mensal de 2,92 milhões de sacas em 2018. 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41551077/brasil---maiorprodutor-mundial-de-cafe---exporta-3515-milhoes-de-sacas-com-media>>.

EMBRAPA Milho e Sorgo. Sistema de Produção 1. 8a. ed. Disponível em<www.embrapa.br>. Acesso em: ago. 2014. Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária – EMBRAPA. RUFINO, J. L. S. Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Antecedentes, criação e evolução, 2014. Disponível em http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Rufino_PNP&D_Cafe.pdf. Acesso em: 16/08/2018.

EMBRAPA. Práticas de Conservação de Solo e Água, Circular Técnica 133, 2012.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.897-904, 2001.

FACCIN, F.C.; MARCHETTI, M.E.; SERRA, A.P.; ENSINAS, S.C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 2000-2009, 2017.

FAVARIN, J.L.; SOUZA, L.T.; MOSCARDINI, D.B.; BAPTISTELLA, J.L.C. Caminhos para aumentar a produtividade de café arábica. *Informações Agrônomicas*. S.L. n. 164, p.13-18, 2018.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos Cerrados Brasileiros- e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - **Pesquisa Agropecuária Tropical**., Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012.

FERRAZ, A. *Cultura do Café*. 2. ed. Barreiras: If cursos, 37 p. 2013.

FERREIRA, E.A.B.; BUSTAMANTE, M.M.C.; RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, C.C.; PINTO, A.S.; MALAQUIAS, J.V. Carbon stocks in compartments of soil organic matter 31 years after substitution of native cerrado vegetation by agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.40:e0150059, 2016. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150059>

FIGUEIREDO, C.C.; OLIVEIRA, A.D.; SANTOS, I.L.; FERREIRA, E.A.B.; MALAQUIAS, J.V.; SÁ, M.A.C.; CARVALHO, A.M.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G. Relationships between soil organic matter pools and nitrous oxide emissions of agroecosystems in the Brazilian cerrado. **Science Total Environment**. v.618, p.1572-82. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2017.09.333>

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; CARNEIRO, M.A.C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p.907-916, 2010.

FRANZLUEBBERS, A.J.; SCHOMBERG, H.H.; ENDALE, D.M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, v.96, p.303-315, 2007.

FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. 11. ed. Rio de Janeiro: Companhia Editora nacional. 1972.

GICHANGI, E.M., NJARUI, D.M.G.; GHIMIRE, S.R.; GATHERU, M.; MAGIROI, K. W.N. Effects of cultivated Brachiaria grasses on soil aggregation and stability in the semi-arid tropics of Kenya. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. v.19, n.2, p.205-217. 2016.

GRANDE, T.O.; AGUIAR, L.M.S.; MACHADO, R.B. Heating a biodiversity hotspot: connectivity is more important than remaining habitat. *Landsc. Ecology*, v.35, p. 639-657, 2020. 10.1007/s10980-020-00968-z.

GUIMARÃES, P.T.G.; REIS, T.H.P. Nutrição e Adubação do Cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Org.). *Café Arábica do plantio à colheita*. Lavras: UR Eпамig SM, p. 343-414. 2010.

HAYES, M.H.; MYLOTTE, R.; SWIFT, R.S. Humin: its composition and importance in soil organic matter. *Advances in Agronomy*, v.143, p.47-138, 2017.10.1016/bs.agron.2017.01.001

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. *Coffee Market Report*, February 2020. Available at: <http://www.ico.org/documents/cy2019-20/cmr-0220-e.pdf>. Access: 12 Mar 2020.

IZAURRALDE, R.C.; WILLIAMS, J.R.; MCGILL, W.B.; ROSENBERG, N.J.; QUIROGAJAKAS, M. C. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against longterm data. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 192, p. 362-384, 2006.

KAUFMAN, R.C.; WILSON, J.D.; BEAN, S.R.; PRESLEY, D.R.; BLANCO-CANQUI, H.; MIKHA, M. Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. **Journal of agricultural and food chemistry**, 61(24), 5715-5719, 2013.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Strategies to improve the retention and availability of soil water. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology*, Santa Maria, v.19, n.1, p.21-29, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117014990>. Acesso em: 12 fev. 2019.

KUNDE, R.J.; LIMA, C.L.R.; SILVA, S.D.A.; PILLON, C.N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.9, p.1520-1528, 2016.

LAL R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**. v.123 p. 1-22. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v.7, n.5, p.5875-5895, 2015.

LEMESSA, F.; WAKJIRA, M. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v.18, n.2, p.123-135, 2015.

LIMA, L.A.; PAIVA, A.A.de; GOMES, N.M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LOPES, A.A.; DE, C., SOUSA, D.M.G.; DE CHAER, G.M.; REIS JÚNIOR, F.B.; DOS GOEDERT, W.J.; MENDES, I.; DE, C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society. Ambiental. Journal**. v.77, n.2, p.461-472, 2013. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0191>.

LOSS, A. et al. Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.01-10, jan./mar. 2014.

MARTINEZ, C.A.; OLIVEIRA, E.A.D.de; MELLO, T.R.P.; MARIN, A.L.A. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.8, n.8, p. 635-650. 2015.

MARTINS, C.; C.; SOARES, A.; A.; BUSATO, C.; REIS, E.; F.; dos. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p. 61-69, 2007.

MENDES, I. de C. et al. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (**ALICE**), 2019.

MENDES, I.C.; SOUSA, D.M.G; DANTAS, O.D.; LOPES, A.A.C.; JUNIOR, F.B.R.; OLIVEIRA, M.; CHAER, G.M. Soil quality and grain yield: a win-win combination in clayey tropical Oxisols. **Geoderma**, v.388, p.114880, 2021. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114880.

MENDONÇA, L.M.V.L.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G.; BORÉM, F.M.; MARQUES, E.R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.413-419, 2007. doi: 10.1590/S1413-70542007000200022. 2007.

MERINO, C. et al. Soil enzymes and biological activity at different levels of organic matter stability. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.16, p.14-30, 2016. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071895162016000100002&lng=es&nrm=iso>. Accessed: Jan. 20, 2021. doi:10.4067/S0718-95162016005000002.

MINIUSSI, M.; DEL TERRA, L.; SAVI, T.; PALLAVICINI, A.; NARDINI, A. Aquaporins in *Coffea arabica* L.: Identification, expression, and impacts on plant water relations and hydraulics. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.95, p.92-102, 2015.

MOGHIMIAN, N. et al. Impacts of changes in land use/cover on soil microbial and enzyme activities. **Catena**, v.157, p.407-414, 2017. doi: 10.1016/j.catena.2017.06.003. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.003>. 2017.

NAKAYAMA, C. C. Microorganism succession at different coffee drying stages and its influence on the beverage. **Brazilian Journal of Development**, 6(1):2402-2418, 2020.

NASCIMENTO A.F, RODRIGUES R.A.R. Sampling frequency to estimate cumulative nitrous oxide emissions from the soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.54 p. e00211. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00211>

NASCIMENTO, R.S.M.P.; RAMOS, M.L.G.; FIGUEIREDO, C.C.; SILVA, A.M.M.; SILVA, S.B.; BATISTELA G. Soil organic matter pools under management systems in Quilombola Territory in Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.254-260, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v21n4p254-260>. 2017

NEGRI, I.C.O.; NEGRI. S.S.; ANGEOLETTO, F. As cidades médias brasileiras precisam ser mais amigáveis aos morcegos, principalmente nos hotspots de biodiversidade. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.13, n.3, p. 446-460, set./dez. 2019.

NGUYEN, T.T.N.; XU C-Y.; TAHMASBIAN, I.; CHE, R.; XU, Z., ZHOU, X.; WALLACE, H. M.; BAI, S.H. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: a review and meta-analysis. **Geoderma**, v.288, p. 79-96, 2017.

ORMOND, J.G.P.; PAULA, S.R.L.; FAVERET FILHO, P. Café: (Re) conquista dos mercados. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 10, p. 3-56, set. 1999.

PATANÉ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.590–596, 2011.

PERDONÁ, M.J.; SORATTO, R.P.; Irrigation and intercropping with macadamia increase initial Arabica coffee yield and profitability. **Agronomy Journal**, v.107, p.615–626, 2015.

PLAZA-BONILLA, D.; ÁLVARO-FUENTES, J.; CANTERO-MARTÍNEZ, C. Identifying soil organic carbon fractions sensitive to agricultural management practices. **Soil and Tillage Research**. v.139 p.19-22. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.01.006>. 2014.

RAIESI, F. & SALEK-GILANI, S. The potential activity of soil extracellular enzymes as an indicator for ecological restoration of rangeland soils after agricultural abandonment. **Applied Soil Ecology**, v. 126, p. 140-147, 2018.

RAMOS, M.L.G.; NASCIMENTO, R.S.M.P.; SILVA, A.M.M.; SILVA, S.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.P. Carbon and nitrogen stocks in cultivation systems of a Quilombola community in the Brazilian Cerrado. **Regional Environmental Change**, v.22, p.81, 2022.doi: /10.1007/s10113-022-01941-z.

REGHIN, L.D.S.; CARDUCCI, F.C.; DOS SANTOS, W.G.; FERNANDES, L.E.; CHAMLET, D.; BAGATIN, A.K.; MARIUCCI JÚNIOR, V.; SERA, T.; SERA. G.H. Seleção de linhagens de café derivadas das cultivares IPR 100 e IPR 103 com grãos graúdos. 2018.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, E.A.B.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C.; FIGUEIREDO, C.C. Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F.G.;

FARIAS NETO, A.L. (Org.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, p. 417-473. 2008.

RIZZO, L.T.B.; CASTRO, S.S.P.P. São Paulo. Indicadores da resiliência do latossolo vermelho escuro cultivado com citros e eucalipto em Itapetininga-SP: recuperação de um solo degradado pela compactação. 2000.

ROCHA, O.C.; RAMOS, M L G.; VEIGA, A.D.; GUERRA, A F., BARTHOLO, G F.; RODRIGUES, G C.; SILVA, J E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, p.1476-1483, 2016.

ROCHA, O.M.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G. F.; Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no Cerrado. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.4, p.516 - 526 2014.

RODRIGUES, R.N.; REIS JUNIOR, F.B.; LOPES, A.A.C.; ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; VEIGA, A.D.; MENDES, I.C. Soil enzymatic activity under coffee cultivation with different water regimes associated to liming and intercropped brachiaria. **Ciência Rural**, Santa Maria. v.52 n.3. p. e20200532. 2022.

ROSOLEM, C.A.; LI, Y.; GARCIA, R. A. Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. **Soil Use and Management**, v.32. p.495–503. 2016. <https://doi.org/10.1111/sum.12309>.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GUIMARÃES GIÁCOMO, S.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Labile fractions of organic matter in cropping system with straw of brachiaria and sorghum. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 43. n. 1, p. 38–46, 2012.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M.C.; PIRES, R.C.M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.148, p.16–23, 2015

SANO, E.E.; BETTIOL, G.M.; MARTINS, E.S.; COUTO JÚNIOR, A.F.; VASCONCELOS, V.; BOLFE, E.L.; VICTORIA, D.C. Características gerais da paisagem do Cerrado. Embrapa: Brasília, 2020.

SANO, E.E.; RODRIGUES, A.A.; MARTINS, E.S.; BETTIOL, G.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; BEZERRA, A.S. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. **J Environ Manage**. v.232 p.818-28. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108> 2019.

SANTESTEBAN, L.G.; MIRANDA, C.; ROYO, J.B. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. ‘Tempranillo’. **Agricultural Water Management**, v.98, p.1171–1179, 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.

B. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, p. 590, 2018.

SANTOS, F.C.; KURIHARA, C.H.; DE RESENDE, Á.V.; ALVARENGA, R.C.; DE ALBUQUERQUE, M.R. Arranjo de Plantas de Braquiária em Consórcio com a Cultura do Milho, 2014.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.719-727, 2009.

SANTOS, N.Z.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V. & PIVA, J.T. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. **Soil and Tillage Research.**, 111:208-218, 2011.

SATO, J.H.; FIGUEIREDO, C.C.; MARCHÃO, R.L.; OLIVEIRA, A.D.; VILELA, L.; DELVICO, F.M.; ALVES, B.J.R.; CARVALHO, A.M. Understanding the relations between soil organic matter fractions and N₂O emissions in a long-term integrated crop-livestock system. **European Journal of Soil Science**. v.70 p.1183-96 2019. <https://doi.org/10.1111/ejss.12819>

SCHMATZ, R.; RECOUS, S.; AITA, C.; TAHIR, M.M.; SCHU, A.L.; CHAVES, B.; GIACOMINI, S.J. Crop residue quality and soil type influence the priming effect but not the fate of crop residue C. **Plant and Soil**, 414(1-2), 229–245. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3120-x>. 2017

SEGNINI, A. et al. Soil carbono stock and humification in pastures under diferente levels of intensification in Brazil. **Scientia Agricola**, [S. I.], v. 76, n. 1, p. 33-40, 2019. doi: 10.1590/1678-992x-2017-0131.

SERA, G.H.; SERA, T.; ITO, D.S.; FONSECA, I.C.B.; KANAYAMA, F.S.; DEL GROSSI, L. SHIGUEOKA, L.H. Seleção para a resistência à ferrugem em progênies das cultivares de café IPR 99 e IPR 107. **Bragantia** 69: 547-554. 2010.

SERA, G.H.; SERA, T.; ITO, D.S.; MATA, J.S. da; DOI, D.S.; AZEVEDO, J.A. de; RIBEIRO FILHO, C. Progênies de Coffea Arabica cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, v.66, p.43-49, 2007. doi:10.1590/S0006-8705200700010000. 2007.

SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 1: 179-199. 2001.

SERA, T.; SERA, G.H.; FAZUOLI, L.C.; BETTENCOURT, A.J. IPR 99 - Dwarf arabica coffee cultivar resistant to coffee ringspot vírus. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Brazilian Society of Plant Breeding. Printed in Brazil v.13: p.91-94, 2013.

SILVA, A.N.; FIGUEIREDO, C.C.; CARVALHO, A.M.; SOARES, D.S.; SANTOS, D.C.R.; SILVA, V.G. Effects of cover crops on the physical protection of organic matter

and soil aggregation. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, p.1623–1629, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.12. PNE164. 2016

SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; SILVA, E.A. FERREIRA, M.M.; NORTON, L.D.; CURI, N. Critical soil moisture range for a coffee crop in oxidic latosol as affected by soil management. **Soil and Tillage Research**, [S. I.], v.154, p. 103-113, 2015. doi: 10.1016/J.STILL.2015.06.013.

SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. v.18 p.241-9. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000300001>

SILVA, N. M.; ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J.W.M.C.; SANTOS J.W. M.C.; FILHO, A.C.P.; VACCHIANO, M.C. BOHRER, J F.C. CÂNDIDO, A.K.A.A.2. The negative influences of the new Brazilian forest code on the conservation of riparian forests. **European Journal of Ecology**, v.3, n 2, p. 116-122, 2017.

SILVA, T.O.; FURTINI NETO, A.E.; CARNEIRO, L.F.; PALUDO, V. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, 2011.

SIMON, C.A.; CORDEIRO, M.S.; LIMA, S.F.; BRASIL, M.D.S.; DE DAVID, C.H.; SECCO, V.A. Microbial activity in a soil with cover crops in sucession with maize in a no-tillage system. Brazilian Journal of Agriculture- **Revista de Agricultura**, v. 92, n.2, p.198, 2017.

SINGH, R.S.; SINGH, T.; PANDEY, A. Microbial enzymes—an overview. *Advances in enzyme technology*, p. 1-40, 2019.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SA´, J.C.M.; ALBRECHT, A. Soil carbon matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils effects of no-tillage. **Agronomie** 22, 755–775. 2002.

SOARES, D.S.; RAMOS, M.L.G.; MARCHÃO, R.L.; MACIEL, G.A.; OLIVEIRA, A.D.; MALAQUIAS, J.V.; CARVALHO, A.M. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil Tillage Research**. v.194 p.104316. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104316>. 2019

SOTERRONI, A.C.; RAMOS, F.M.; MOSNIER, A.; FARGIONE, J.; ANDRADE, P.R.; BAUMGARTEN, L.; PIRKER, J.; OBERSTEINER, M.; KRAXNER, F.; CÂMARA, G., CARVALHO, A.X.Y.; POLASKY, S. Expanding the soy moratorium to Brazil's Cerrado. **Science Advance**. v.5 p. eaav7336. 2019. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav7336>.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, New York. 496 p., 1994.

STUMPF, L.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.F.S. Soil aggregation and root growth of perennial grasses in a constructed clay minesoil. **Soil and Tillage Research**, [S. I.], v. 161, p. 71-78, 2016. doi: 10.1016/J.STILL.2016.03.005.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: R.W. Weaver et al. Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p.775-833.

TEIXEIRA, R.A.; SOARES, T.G.; FERNANDES, A.R.; BRAZ, A. M. D. S. Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, 44(4), 411-418, 2014.

VACCHIANO, M.C.; SANTOS, J.W.M.C.; ANGEOLETTO, F.; SILVA, N. M. Do Data Support Claims That Brazil Leads the World in Environmental Preservation? **Environmental Conservation**, v. 46, n. 2, p. 118-120, 2019.

VEIGA, A. D. et al. Arabica coffee cultivars in different water regimes in the central Cerrado region. **Coffee Science**, v.14, p.349- 358, 2019. doi: 10.25186/cs. v.14i3.1586.

VICENTE, L.C.; MONROE, P.H.M.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Estoques de Carbono Orgânico em solos sob plantações de Seringueira e Eucalipto. **Anais XVI Congresso Peruano de la Ciencia del Suelo**, 2014.

WAHSHA, M. et al. Microbial enzymes as an early warning management tool for monitoring mining site soils. **Catena**, v. 148, p. 40-45, 2017.

WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. Coffee Pests, **Diseases and Their Management**. CABI, 400p, 2007.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONCA, E.S.; ALVARENGA, R.C. Organic-matter pools of soil under pines and annual cultures. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 41, 1707–1722, 2010.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L.P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: **Embrapa**, 2014. v.1, p.59-168.

ZUAZO, V.H.D.; PLEGUEZUELO, C.R.R. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. **Agronomy for sustainable development**, 28(1), 65-86, 2008.

CAPÍTULO I

Estoque de carbono, frações da matéria orgânica e atividade enzimática do solo sob café arábica consorciado com braquiária decumbens no Cerrado

CAP. 1. Estoque de carbono, frações da matéria orgânica e atividade enzimática do solo sob café arábica consorciado com braquiária decumbens no Cerrado

Resumo

A incorporação do Cerrado para as atividades agropecuárias tem promovido alterações na dinâmica do carbono, consequentemente no estoque de carbono no solo e suas frações. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas, consorciada com café arábica (*Coffea arabica* L.), no estoque de carbono e na qualidade do solo. O experimento localizou-se no campo experimental da Embrapa Cerrados, sob Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa. A área foi conduzida, inicialmente, com a *Brachiaria decumbens* como planta de cobertura, presente na área há mais de 20 anos e em fevereiro de 2019 renovados os cafeeiros cvs. IPR-103 e IPR-99 e realizada a implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. Após 2 anos de renovação e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, realizada as avaliações. O delineamento utilizado foi de parcelas subdivididas, com 3 repetições, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo: com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, as subparcelas formadas por duas cultivares de café arábica: cvs. IPR-103 e IPR-99 e a sub-subparcela pela posição de coleta no solo: projeção da copa (PC) e entrelinha do cafeeiro (E). Cada parcela foi constituída por 8 plantas, com espaçamento de 3,5 m nas entrelinhas e 0,5 m entre plantas. O experimento foi manejado com aplicação de estresse hídrico controlado por cerca de 60 dias (estação seca) a fim de induzir uma floração uniforme após retomada da irrigação. O manejo da irrigação realizado através do monitoramento do conteúdo de água no solo. Os tratamentos consistiram em: PCCB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103 consorciado com braquiária); PCCB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99 consorciado com braquiária); PCSB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); PCSB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária) ECB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, com braquiária); ECB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, com braquiária); ESB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); ESB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária). A amostragem de solo foi realizada nos dias 01 e 02/12/2021, nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60 e 60-80 cm, composta por 6 subamostras em cada parcela: 6 subamostras na região central da E e 6 subamostras feitas na PC de forma a cobrir a faixa onde é realizada a adubação. Parte do solo, da camada de 0-10 cm foi separada para a avaliação da atividade enzimática. Em relação aos resultados não houve diferenças no estoque de carbono entre as cultivares estudadas, e os sistemas de manejo com e sem braquiária nas entrelinhas. A presença da braquiária alterou a fração do carbono orgânico particulado principalmente na profundidade 0-10 cm ($p > 0,05$), $9,62 \text{ g.kg}^{-1}$ e sem a presença braquiária na entrelinha $7,38 \text{ g.kg}^{-1}$. Entretanto as frações químicas não houve diferenças estatísticas. A maior atividade enzimática ocorreu no tratamento ECB ($280,83 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da arilsulfatase e $180,33 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da β -glucosidase), seguida da ESB ($212,66 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da arilsulfatase e $128,50 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da β -glucosidase). Possivelmente o tempo de instalação do cafezal não foi suficiente para promover mudanças nos parâmetros avaliados. Já a braquiária, presente na área há mais de 20 anos, promoveu alterações.

Palavras-chave: carbono orgânico do solo, sistema de manejo do solo, consórcio, mudanças climáticas.

Stock carbon e soil organic matter fractions and enzymatic activity under Arabica Coffee intercropped with brachiaria decumbens in the Cerrado

Abstract

The incorporation of the Cerrado for agricultural activities has promoted changes in the dynamics of carbon in the soil consequently in the carbon stock in the soil and its fractions. The objective of this study was to evaluate the effect of *Brachiaria* (*Urochloa decumbens* Stapf.) between the lines, intercropped Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) the stock and soil quality. The test is located in the experimental field of Embrapa Cerrados, under an oxisol with a clay texture. The experiment was conducted in Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, in a red dystrophic latosol clay texture. The experiment was initially conducted with *Brachiaria decumbens* as a cover plant, present in the area for over 20 years and in february 2019 the coffee trees cvs. ('IPR-103') and ('IPR-99') and the system was implemented with and without the presence of *Brachiaria* between the lines. After 2 years of renovation and implementation of the system with and without presence of *Brachiaria* cultivated in the coffee lines. The experimental design used was subdivided plots with 3 replications, with plots consisting of two management systems: with (CB) and without (SB) *Brachiaria* in the consortium with coffee, the subplots formed by two cultivars of Arabica coffee ('IPR-103') and ('IPR-99') and sub-subplots by the collection position on the ground: coffee cup projection (PC) and coffee interline (E). Each plot consisted of 8 plants per line, spaced 3.5m between lines and 0.5 m between plants. The experiment was managed with the application of controlled water stress for about 60 days (dry season) in order to induce uniform flowering after resumption of irrigation. The irrigation management carried out by monitoring the water content in the soil. The treatments were: PCCB-IPR103 (coffee cup projection cv. IPR-103 intercropped with brachiaria); PCCB-IPR99 (coffee cup projection cv. IPR-99 intercropped with brachiaria); PCSB-IPR103 (coffee cup projection cv. IPR-103, without brachiaria); PCSB-IPR99 (coffee cup projection cv. IPR-99, without brachiaria) ECB-IPR103 (coffee interline cv. IPR-103, with brachiaria); ECB-IPR99 (coffee interline cv. IPR-99, with brachiaria); ESB-IPR103 (coffee interline cv. IPR-103, without brachiaria); ESB-IPR99 (coffee interline cv. IPR-99, without brachiaria). Soil sampling was performed out on 01 and 02/12/2021, at depths of 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60 and 60-80 cm, composed of 6 subsamples in each plot: 6 subsamples in the central region of E and 6 subsamples taken in the PC in order to cover the strip where fertilization is performed out. Part of the material of 0-10 cm separated for enzymatic activity. In relation to the results there were no differences in carbon stock between the cultivars studied, and the systems management with and without brachiaria between the different management systems, with and without the presence of brachiaria between the lines. The presence of brachiaria altered the fraction of particulate organic carbon mainly in the depth 0-10 cm ($p > 0.05$), CF-CB 9.62 g.kg^{-1} and CF-SB 7.38 g.kg^{-1} , however the chemical fractions did not differ. The highest enzymatic activity in the ECB treatment ($280.83 \mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ arylsulfatase soil and $180.33 \mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ β -glycosidase soil), followed by ESB ($212.66 \mu\text{g p-nitrophenol}^{-1}$ arylsulphatase soil and $128.50 \mu\text{g p-nitrophenol}^{-1}$ β -glycoside soil). Possibly the installation time of the coffee plantation was not enough to promote changes in the evaluated parameters. *Brachiaria*, on the other hand, present in the area for more than 20 years promoted alterations.

Keywords: Soil organic carbon, Soil management system, Consortium, Climate change.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é a principal região produtora de alimentos no Brasil, com cerca de 45% da área cultivada (SANO et al., 2020), e o café está entre as principais culturas perenes da região, responsável por aproximadamente 40% da produção nacional (COSTA et al., 2013). No entanto, a expansão agrícola descontrolada tem causado impactos ambientais, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), causados principalmente pela mudança do uso da terra (CARLSON et al., 2017). De acordo com Mackay et al. (2021), um aumento de 5% no Carbono (C) armazenado no solo promove uma diminuição do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico em um percentual de 16%, uma alternativa para mitigar GEE. Os mecanismos de estabilização do C do solo estão associados à proteção física da matéria orgânica do solo (MOS), a formação de compostos organominerais e manutenção da MOS (HANK & DICK, 2020).

Os estoques de C do solo são utilizados como indicadores da sustentabilidade dos sistemas de cultivo agrícola. Em ambientes naturais onde há maior diversidade vegetal de espécies há uma tendência de aumento da fertilidade natural do solo (DYBZINSKI et al., 2008). O conteúdo total da MOS e suas frações podem expressar mudanças no solo e qualidade do solo (DUVAL et al., 2020). Através do fracionamento da MOS, é possível entender as relações existentes entre a MOS e a dinâmica do C do solo.

Os consórcios entre culturas e a diversidade vegetal, podem fornecer condições favoráveis para o acúmulo de C no perfil do solo (EBERHARDT et al., 2021; SANTANNA et al., 2017; SCHMATZ et al., 2017) e promovem a ciclagem de nutrientes, aumentando a produtividade dos sistemas agrícolas, melhorando a qualidade do solo (SOARES et al., 2019). A inclusão de gramíneas, como *Brachiaria decumbens*, fornece serviços ao agroecossistema, características desejáveis para melhoria da saúde do solo, maior eficiência de uso de nutrientes, proteção do solo, além de ser adequados ao contexto socioeconômico local (HORROCKS et al., 2019; PAUL et al., 2020). A adoção de plantas de cobertura nos sistemas agrícolas é recomendada como uma estratégia para aumentar o acúmulo de MOS e sua estabilização, além de aumentar os estoques de C no solo (CHAHAL et al., 2020; ROSOLEM et al., 2016; SATO et al., 2019).

A composição química dos restos culturais afeta a dinâmica do C e influencia na taxa de decomposição, na formação de biomassa microbiana (SCHMATZ et al., 2017) como também na atividade enzimática. No consórcio de café com a braquiária, a atividade da arilsulfatase foi influenciada pela planta de cobertura (RODRIGUES et al., 2022).

Além disso, outros fatores controlam os teores e a qualidade da MOS, como a textura do solo, vegetação original, tipo de manejo do solo, clima e, principalmente, a qualidade e quantidade dos resíduos vegetais (STOCKMANN et al., 2013).

A hipótese do trabalho é que, a braquiaria (*Urchloa decumbens*) consorciada com o café arábica na região do Cerrado, contribuem para o aumento do estoque de C, além de promoverem melhor qualidade do solo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar *Brachiaria decumbens* consorciada ou não com o café arábica no estoque de C no solo, frações da MOS e atividade enzimática na região do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados (CPAC), na Região Administrativa de Planaltina-DF, Brasil (latitude 15°35'30'' Sul e longitude 47°42'30'' Oeste) (Figura 1.1).

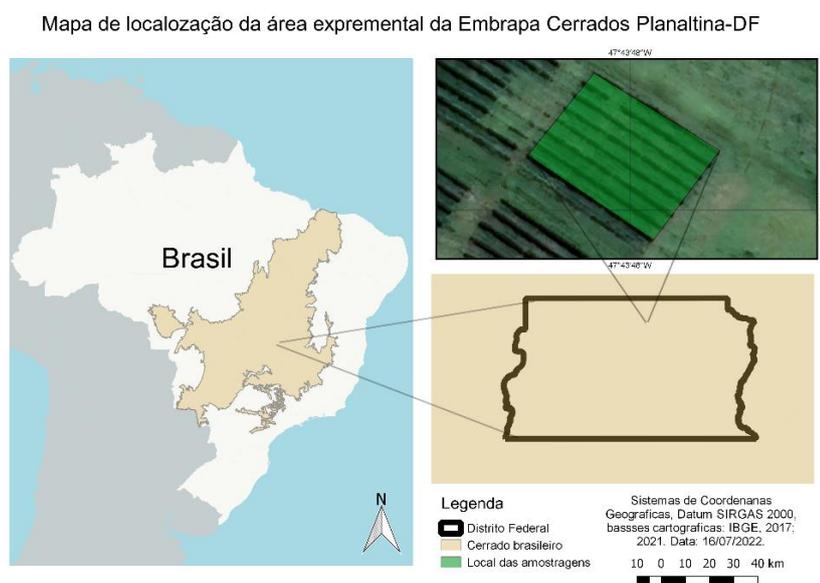


Figura 1.1. Localização da área experimental na Embrapa Cerrados. Café arábica com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado, Planaltina, DF.

O clima da região é do tipo Aw de acordo com classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), com estações bem definidas, com invernos secos e verões úmidos. A temperatura média anual varia de 22 °C a 25 °C e a precipitação de 800 a 2.000 mm (Figura 1.2), sendo que 80% dessa precipitação ocorre durante o período chuvoso, entre os meses de outubro a fevereiro (SILVA et al., 2014).

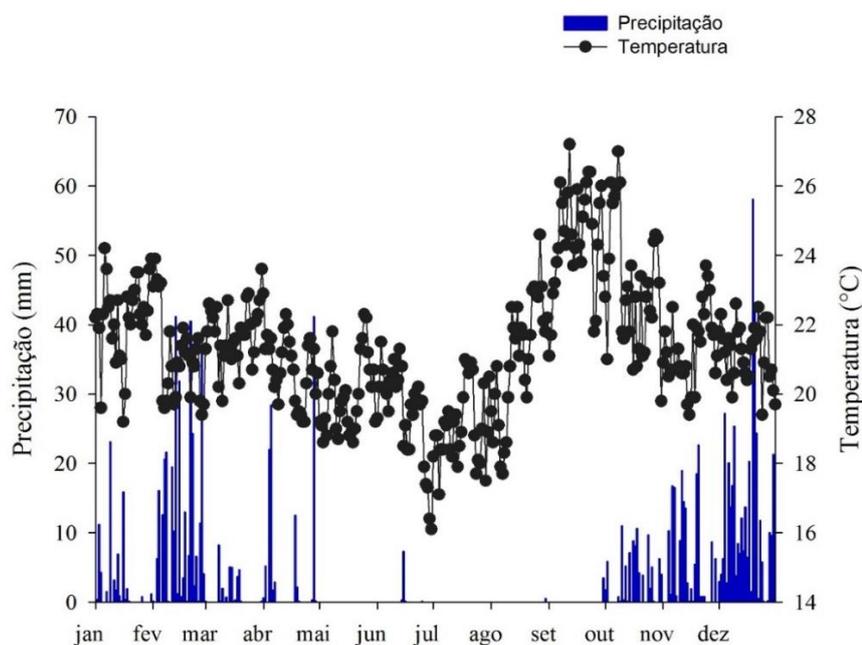


Figura 1.2. Temperatura média do ar (°C) e precipitação média (mm) da área experimental na Embrapa Cerrados durante o período de janeiro a dezembro de 2021, na região administrativa de Planaltina, DF.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2018). Antes da instalação do experimento, a análise química do solo (camada de 0-20 cm) apresentou os seguintes resultados: pH em água 5,2, Al^{3+} ($4,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$), Ca^{2+} ($22,9 \text{ mmolc dm}^{-3}$), Mg^{2+} ($8,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$), H+Al ($76,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$), P ($1,4 \text{ mg dm}^{-3}$); K ($61,2 \text{ mg dm}^{-3}$), saturação de alumínio (12%). Para a análise granulométrica, os níveis médios de argila, silte, areia fina e grossa foram 601, 116, 47 e 236 g kg^{-1} , respectivamente.

A área experimental foi implantada com *Urochloa decumbens* (sinonímia *Brachiaria decumbens*), como planta de cobertura sem pastejo, de janeiro de 2000 a dezembro de 2007. Posteriormente, plantados os cafeeiros, cultivar *Catuai* vermelho 144, os experimentos foram explorados e avaliados até o ano de 2016 e posteriormente após a colheita foram renovados por meio de recepta drástica. Em fevereiro de 2019, foram plantados duas cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99), com espaçamento de 3,5m entrelinhas e 0,5m entre plantas, após 2 anos de renovação do cafeeiro e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas realizada a avaliação. Antes da renovação, o cafeeiro era todo cultivado em consórcio e apenas na

renovação, realizada em fevereiro de 2019, que foi separado em com e sem a presença da *Brachiaria decumbens*, pretende-se ao longo dos anos avaliar a presença da *Brachiaria decumbens* consorciado no café, neste primeiro momento, as coletas de solo foram realizadas com 2 anos após a área sendo mantida limpa sem a presença da braquiária. As ruas onde não possuem a *Brachiaria decumbens*, foram retiradas com aplicação de Glifosato e capina manual. O plantio da *Brachiaria decumbens* foi feito em plantadeira na taxa de 8 kg ha⁻¹.

O delineamento utilizado foi de parcelas subdivididas, com três repetições, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo: com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, as subparcelas formadas por duas cultivares de café arábica: cvs. IPR-103 e IPR-99 e a sub-subparcela pela posição de coleta no solo: projeção da copa (PC) e entrelinha do cafeeiro (E). Cada parcela foi constituída por 8 plantas. O experimento foi irrigado com um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central com aplicação de estresse hídrico controlado por cerca de 60 dias, entre junho e início de setembro (estação seca), com objetivo de induzir uma floração uniforme após retomar a irrigação (VEIGA et al., 2019). O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no monitoramento do conteúdo de água do solo, assim sendo, o momento de irrigação ocorria sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50% da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T ® Devices).

As parcelas com *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, manejadas com roçagem mecanizada no momento em que a altura da planta de cobertura atingisse 0,60 m e os restos culturais foram mantidos na superfície do solo. Os tratamentos foram assim definidos: PCCB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103 consorciado com braquiária); PCCB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99 consorciado com braquiária); PCSB-IPR103 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); PCSB-IPR99 (projeção da copa do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária) ECB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, com braquiária); ECB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, com braquiária); ESB-IPR103 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-103, sem braquiária); ESB-IPR99 (entrelinha do cafeeiro cv. IPR-99, sem braquiária).

A adubação de plantio foi realizada na dose 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A adubação de cobertura para o primeiro ano com N e K parceladas, 200 kg ha⁻¹ de N com ureia e 200

kg ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio, parceladas nos meses de setembro-novembro-janeiro e março. No segundo ano foram realizadas adubações de cobertura, com 200 kg ha⁻¹ de N com ureia e 200 kg ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio, parceladas em 4 vezes e 50 kg ha⁻¹ de FTE-BR 12. A partir do terceiro ano, as adubações de cobertura foram realizadas com o dobro destas dosagens iniciais: 400 kg ha⁻¹ de N, 400 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de FTE-BR 12, parceladas em 4 vezes nos meses setembro-novembro-janeiro e março para aplicações de N e K. A aplicação de P foi feita em cobertura nas linhas do café, sendo 2/3 em setembro com a volta da irrigação e 1/3 entre novembro e dezembro. Uma aplicação corretiva do solo com 2 t ha⁻¹ de calcário mais gesso foram feitas após colheita em 2021.

2.2. Coleta do solo

As coletas de solo foram realizadas na projeção da copa das plantas de café e nas entrelinhas do cafeeiro nas duas cultivares de café arábica (*cvs.* IPR-103 e IPR-99), em função da aplicação de adubo realizado na linha de plantio do café, a incidência de radiação solar nas entrelinhas, o sombreamento na projeção da copa dos cafeeiros e dos efeitos apresentados em Rocha et al. (2014), os autores mostraram que na projeção da copa do cafeeiro, houve alteração na parte física, principalmente na estabilidade de agregados, microporos e no armazenamento de água com a presença de braquiária na entrelinha do cafeeiro. Outro fator considerado o efeito do aporte de biomassa e sistema radicular de cada cultivar do café arábica, que pode favorecer maior ou menor incidência de radiação afetando o processo de decomposição, dado a falta de informações sobre o sistema radicular das espécies de café arábica apresentada no estudo consorciado com a braquiária (Figura 1.3).

As amostras de solo foram coletadas nos dias 01 e 02/12/2021, foram feitas 2 anos após renovação do cafeeiro e implantação do sistema com e sem a presença da *Brachiaria decumbens*, nas profundidades 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60 e 60-80 cm, com um trado do tipo holandês, com tamanho da caçamba (0-10 cm). Cada amostra foi composta por 6 subamostras coletadas em cada parcela, na projeção do cafeeiro e nas entrelinhas do cafezal, que foram posteriormente homogeneizadas para envio ao laboratório.

Nas coletas de solo feitas nas entrelinhas do cafeeiro, foram feitas 6 subamostras para cada parcela: 6 subamostras na região central das entrelinhas. Nas coletas feitas na projeção da copa, também foram feitas 6 subamostras de forma a cobrir a faixa onde é realizada a adubação. Em seguida, as subamostras foram homogeneizadas, armazenadas

em sacos plásticos totalizando uma amostra composta por parcela e transportadas para o laboratório de solos da Embrapa Cerrados em uma caixa térmica hermeticamente fechada (cooler) e com gelo para posterior análise. Parte das amostras de solo da camada 0-10 cm foram reservadas para análise das atividades das enzimas (β -glucosidase e arilsulfatase).

Pivô associação : Espaçamento: 3,50 m x 0,50 m Plantio: Fev./2019 Total de mudas/cv: 8 plantas na linha

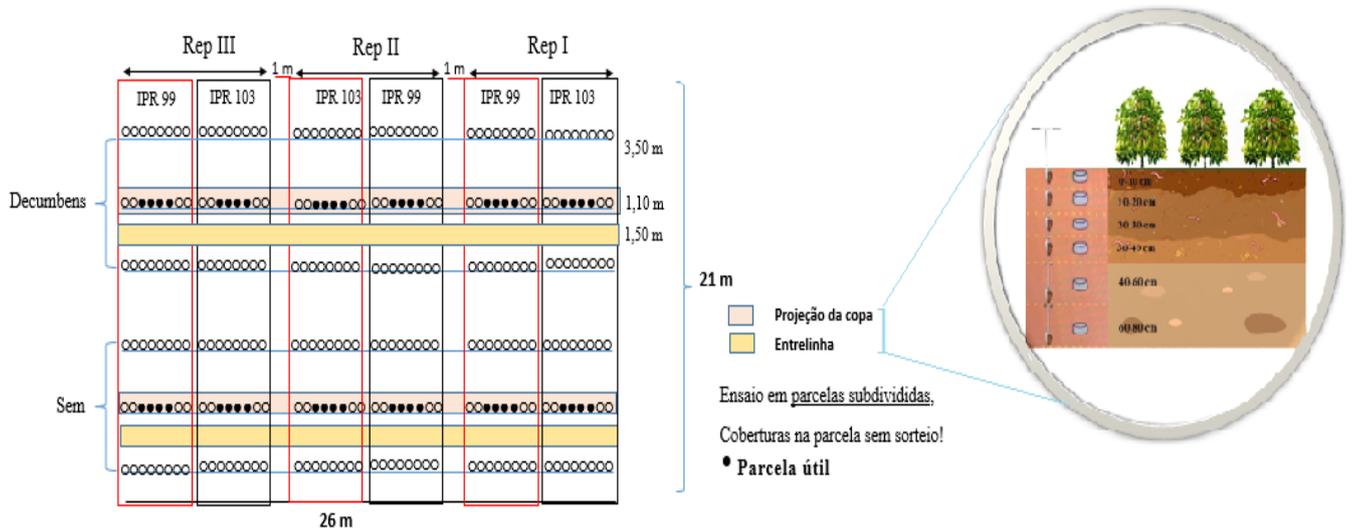


Figura 1.3. Croqui da área experimental, em amarelo a área escolhida para as coletas de solo nas entrelinhas dos cafeeiros e em rosa a área escolhida para a projeção da copa das plantas de café.

2.3. Determinação da densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo foram feitas aberturas de duas trincheiras na área experimental com (CB) e sem (SB) a presença de *Brachiaria decumbens* (CB) nas entrelinhas do cafeeiro, com o auxílio de um anel volumétrico. As amostras de solo indeformadas foram coletadas nas camadas: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade, com quatro repetições, sendo duas centrais e duas laterais em cada lado da trincheira. A massa de solo foi seca em estufa a 105 °C e, por meio da medida do volume interno do cilindro, foi calculada a densidade do solo, expressa na eq (1).

(1)

$$Ds = \frac{Ma}{V}$$

Em que:

Ds- densidade do solo, em g cm^{-3}

Ma- massa de amostra de solo seco a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante, em g.

V- Volume do cilindro, em cm^3 .

2.4. Análises de solo

2.4.1. Determinação do carbono total e particulado

As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneiras de malha em 2 mm. Para a determinação do C total (CT), as amostras foram moídas com pestilo e almofariz e o solo foi tamizado em peneira de malha de $150\ \mu\text{m}$.

O fracionamento físico granulométrico foi realizado segundo Cambardella & Elliot (1992). Cinquenta gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) passada em peneira de malha em 2 mm foram colocadas em frascos de vidro de 500 ml em seguida adicionados 175 ml de solução de hexametáfosfato de sódio ($5\ \text{g L}^{-1}$), agitado por 15 horas em agitador a 130 rpm. Após a agitação, o material foi passado em peneira de $53\ \mu\text{m}$ com o auxílio de jatos de água, e o material retido na peneira foi seco em estufa a 45°C até atingir peso constante e em seguida moído em almofariz de porcelana e passado em peneira de $150\ \mu\text{m}$, para a avaliação do teor de C orgânico particulado (COP).

O CT e COP foram analisados por combustão seca em analisador elementar modelo 2400 Series II CHNS/O no Laboratório de Solos da Embrapa Cerrados, baseado na oxidação das amostras em alta temperatura (1000°C), sendo as pesagens das amostras (~ 39 a $41\ \text{mg}$) realizadas em balança analítica, com precisão de pesagem de $0,00001\ \text{g}$. As amostras foram acondicionadas e seladas em cápsulas de estanho, em seguida incineradas em temperatura de aproximadamente $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 min, em tubo de quartzo de combustão, sendo utilizado como carreador o gás O_2 , com 99,998 % de pureza. Após a combustão, toda a matéria orgânica (MO) foi convertida em CO_2 e um sensor infravermelho detectou a quantidade de CO_2 gerado pela combustão, relacionando-a automaticamente com a quantidade de C elementar existente na amostra.

2.4.2. Determinação do estoque de carbono do solo

Para a determinação do estoque de C em cada sistema de manejo foram coletadas seis amostras de solo para formar uma amostra composta, na projeção da copa e entrelinha do café representando cada uma das seguintes camadas: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade na estação chuvosa, no início de dezembro de 2021. Nessas

amostras compostas, os teores de CT foram determinados em um analisador elementar Perkin Elmer, Series II CHNS/O 2400.

Na Figura 1.5 estão apresentados os resultados da densidade do solo dos diferentes sistemas de manejo no Cerrado, aplicados para os cálculos das estimativas de estoque de C. Para o sistema de manejo com a presença da *Brachiaria decumbens* os valores variaram de 1,107 a 1,394 g cm⁻³. Já para o sistema sem a presença da *Brachiaria decumbens* os valores variaram de 1,100 a 1,406 g cm⁻³ (Figura 1.4). Não houve diferença estatística entre os sistemas de manejo com e sem a presença da *Brachiaria decumbens* e diferenças significativas entre as profundidades do solo conforme o aumento da profundidade ($p > 0,05$), não sendo necessário a realização de correção com a densidade do solo no Cerrado nativo, para o cálculo de estoque de C. Cerri et al. (2017), observaram um dinamismo das entradas de material orgânico no solo do café, que promoveu uma tendência de redução da densidade do solo.

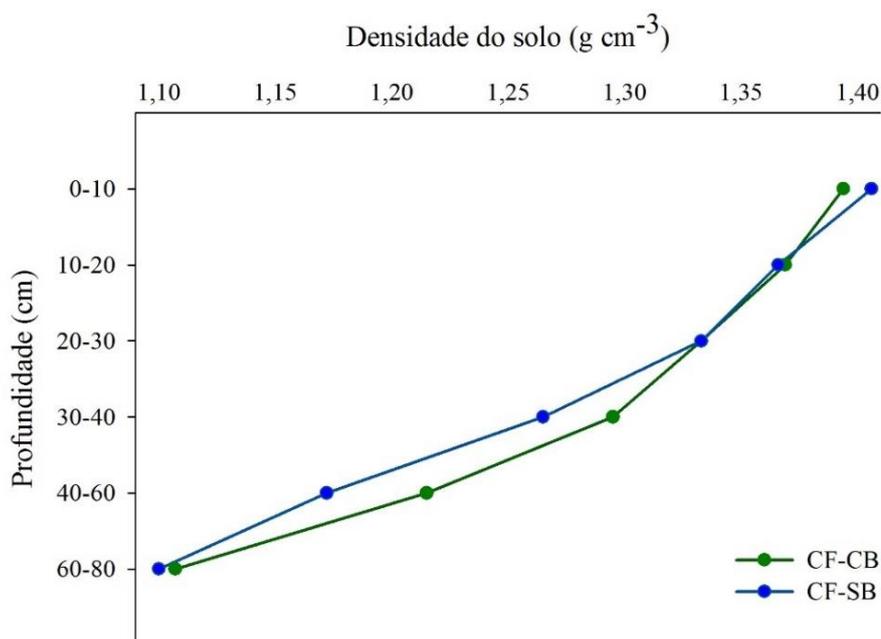


Figura 1.4. Densidade do solo em (g cm⁻³) na área experimental do café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado. Em verde o tratamento CF-CB (com a presença da *Brachiaria decumbens*) e em azul o tratamento CF-SB (sem a presença da *Brachiaria decumbens*).

O estoque de C determinado pela técnica de camada equivalente (FERREIRA et al., 2016), de acordo com a eq. (2)

$$\text{Estoque de C} = (\text{CT} \times \text{BD} \times \text{d}) / 10 \quad (2).$$

Onde o Estoque de C está em Mg ha^{-1} , o estoque de C são conteúdos de C em (g kg^{-1}), BD é a densidade aparente do solo (g cm^{-3}) e d é a profundidade da camada de solo (cm).

2.4.3. Substâncias húmicas

Para o fracionamento químico da MOS, foi utilizado o procedimento de solubilidade diferencial proposto por SWIFT (1996) adaptado por BENITES et al. (2003). Foram pesados 2 g das amostras secas ao ar e passadas em peneiras de malha em 2 mm e adicionados 20 ml de NaOH 0,5 mol L^{-1} . A solução foi agitada por 4 horas a 80 rpm e permaneceu em repouso por 12 horas. Posteriormente, o material foi centrifugado a 4.000 rpm por 30 min, o sobrenadante foi recolhido e reservado em recipiente separado. Foram adicionados novamente 20 ml de NaOH 0,5 mol L^{-1} ao material retido nos mesmos tubos de centrifuga. Em seguida, o material foi agitado por 2,5 horas a 80 rpm e foi centrifugado a 4000 rpm por 30 min. O sobrenadante foi adicionado ao que estava reservado, formando assim um extrato alcalino no copo descartável contendo as frações ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF). Considera-se o precipitado retido nos tubos de centrífuga é a fração húmica (HUM). Este precipitado foi cuidadosamente transferido para beakers de 50 mL, utilizando água destilada com mínimo de líquido possível (± 10 ml), aquecido em estufa a 50-60°C (até a secagem completa). O pH do extrato alcalino foi ajustado para 1,0-1,5 pela adição de gotas de solução de H_2SO_4 concentrado. Após o ajuste do pH, o extrato foi centrifugado por 20 minutos a 4.000 rpm para a separação do AH e AF. O sobrenadante, que corresponde ao AF, foi transferido para outro tubo de centrífuga. Ao precipitado, que corresponde ao AH, foram adicionados 30 mL de NaOH 0,5 mol L^{-1} , homogeneizado e o volume foi completado com água destilada para 50 mL.

A determinação dos teores de C nos extratos das frações AF, AH e HUM foi realizada segundo modificações no método descrito por Yeomans & Bremner (1988), onde as amostras foram aquecidas a 150°C em tubos de ensaio em bloco digestor, por meio da oxidação do C com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,042 mol L^{-1} para AF e AH e 0,167 mol L^{-1} para HUM, e titulados com sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). O índice de humificação (IH) foi calculado pela equação proposta por Labrador Moreno (1996), pela eq (3):

$$IH = [(AH + AF + HUM) / COT] \times 100. \quad (3)$$

Onde o IH = índice de humificação, o AH, AF, HUM e COT em (g kg⁻¹).

2.4.4. Atividade enzimática

A determinação da atividade enzimática foi realizada através da quantificação da arilsulfatase e β-glucosidase no Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Cerrados. As amostras de solo foram secas ao ar em temperatura ambiente e peneiradas em malha de 2 mm. A atividade da arilsulfatase e β-glucosidase foram testadas em duplicata seguindo o protocolo de Tabatabai (1994). Os valores das atividades enzimáticas foram expressos μg p-nitrofenol g⁻¹ solo (=mg PNP kg⁻¹ h⁻¹).

2.5. Análise estatística

Os dados do efeito de manejo e das cultivares de café nos atributos foram submetidos a um teste de normalidade Shapiro Wilk. Em seguida foi realizada a análise de variância (ANOVA) (Tabela 1.1), onde as fontes de variação, parcela com e sem a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, subparcela: cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99) e a sub subparcela: projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, as médias comparadas pelo teste de F (p < 0,05), para determinar as relações e significâncias entre as fontes de variação no programa estatístico software R.

Foi feita a análise de componentes principais (ACP) para avaliar as possíveis relações existentes entre os atributos do solo e o manejo presente na área em estudo. A ACP foi realizada utilizando o programa estatístico software R.

Tabela 1.1 Valores médios da análise de variância (ANOVA) para os atributos do solo avaliados no experimento, café consorciado ou não com a *Brachiaria decumbens* no Cerrado. Est.C: Estoque de C do solo; CT: carbono total; COP: carbono orgânico particulado; AF: Ácido fúlvico; AH: Ácido húmico e Hum: Humina. Sulfa: arilsulfatase; Beta: β-glucosidase.

	GL	Trat	Est.C	CT	COP	AF	AH	Hum	Sulfa	Beta
Trat	7	EC1CB	100,2	19,0	8,6	0,1	0,0	3,7	316,6a	181,3a
Bloco	2	EC1SB	93,1	19,2	5,8	0,1	0,0	2,6	245ab	179,3a

Erro a	14	EC2CB	96,1	19,8	8,5	0,1	0,0	3,4	220ab	137,3b
Prof	5	EC2SB	90,3	19,9	6,2	0,1	0,0	3,0	205,3ab	126b
Trat*prof	35	PCC1CB	89,7	18,5	7,1	0,1	0,0	3,2	163,6ab	119,6b
Erro b	80	PCC1SB	89,3	18,6	6,7	0,1	0,0	2,8	157ab	117,3b
Total	143	PCC2CB	98,6	20,3	7,5	0,1	0,0	2,4	151,3b	104,6b
		PCC2SB	98,0	18,9	6,4	0,1	0,0	3,1	151b	102b
		CV 1(%)	22,7	13,5	13,2	8,7	21	41,2	27,9	10,83

Letras diferentes indicam que há diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com o test F.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estoque de C do solo no café consorciado com a *Brachiaria decumbens*

Os estoques de C até 80 cm nos diferentes sistemas de manejo não diferiram entre si (Figura 1.5) e não houve diferença nos estoques de C do solo entre os locais avaliados (projeção da copa e entrelinha do café). O tratamento com a presença de *Brachiaria decumbens* consorciada com café apresentou estoque de C de 186,39 Mg ha⁻¹ e sem a presença de *Brachiaria decumbens* no consórcio, café solteiro 184,17 Mg ha⁻¹ (Figura 1.5). Esses valores são considerados altos, pois em áreas nativas de Cerrado, os estoques de C até a camada de 60 cm, ocorrem entre 120 e 219 Mg ha⁻¹ (RAMOS et al., 2022). Nesse sistema de consórcio entre café e *Brachiaria decumbens*, o cafeeiro foi renovado em fevereiro de 2019, o que pode explicar a falta de efeito significativo dos tratamentos de presença e ausência da *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas do cafeeiro após dois anos dessa prática. Antes da renovação, o cafeeiro era todo cultivado em consórcio e apenas na renovação que foi separado em com e sem a presença da *Brachiaria decumbens*. Possivelmente o tempo de instalação do cafezal não foi suficiente para promover mudanças nos parâmetros avaliados.

Em áreas com 8 anos de implantação do sistema agrícola, foram observados efeitos significativos do uso de plantas de cobertura em sucessão ao milho (CARVALHO et al., 2021), em função do tempo de avaliação escolhido, partindo de um cenário de uma área que estava mantida com *Brachiaria decumbens* por 20 anos, esse cafezal foi reformado e a área foi mantida metade com *Brachiaria decumbens* e a outra metade sem a presença *Brachiaria decumbens*, pretende-se ao longo dos anos avaliar a presença

Brachiaria decumbens no café e nesta primeira avaliação após 2 anos de ausência de *Brachiaria decumbens* na entrelinha, ainda não há alteração no estoque de C, como apresentado por Carvalho et al. 2021, apenas após 8 anos de implantação de um sistema de produção com plantas de cobertura no Cerrado é que foi possível constatar efeito no estoque de C, sendo o tempo uma função chave para diferenças significativas.

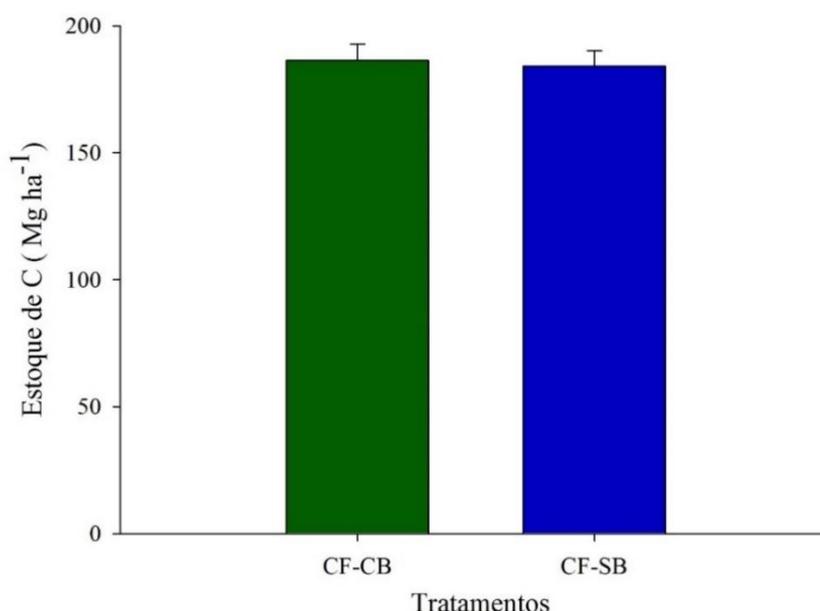


Figura 1.5. Estoque de C no solo, no café com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas no Cerrado, na profundidade 0-80 cm, em Planaltina-DF, Brasil.

Os estoques de C do solo é uma função das entradas de C e N no solo, provenientes dos resíduos vegetais e animais, conseqüentemente da sua quantidade e qualidade (CARVALHO et al., 2011; 2012; 2014; 2021). Portanto, sua variabilidade é influenciada por fatores edafoclimáticos, topográficos, além das mudanças de uso do solo, que podem reduzir ou até mesmo aumentar os estoques de C, dependendo do sistema de manejo adotado (WANG et al., 2021; SILVA SANTANA et al., 2019). A presença de *Brachiaria decumbens* no sistema de consórcio com café pode influenciar significativamente os estoques de C no solo (ROCHA et al., 2016). A conversão de áreas nativas para sistemas agrícolas, em geral, promove a diminuição dos estoques de C (COSTA et al., 2020; GMACH et al., 2018), porém alguns sistemas agrícolas como agroflorestais têm grande potencial para incrementar estoque de C no solo (NATH et al., 2021; CHATTERJEE et

al., 2018), por meio da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que são aportados no solo.

No presente estudo, o estoque de C foi determinado até 80 cm de profundidade, visando detectar efeitos do sistema radicular da *Brachiaria decumbens*, mas devido ao período de apenas 2 anos da renovação do cafeeiro e aplicação do sistema com e sem a presença da *Brachiaria decumbens* não foi possível detectar efeito significativo.

3.2. Relação entre os sistemas de manejo e o teor de CT do solo

Não houve diferença entre a posição de coleta do solo (projeção da copa e entrelinha do café) e entre as cultivares de café arábica (IPR 103 e IPR 99), sendo assim a média calculada com os dados de CT de posição de coletas e cultivares, com e sem a presença da *Brachiaria decumbens* no consórcio, diferenças significativas entre as camadas do solo ($p > 0,05$) (Figura 1.6). Outro fator que pode estar associado a ausência de diferenças estatísticas possivelmente as adubações, principalmente contendo N (420 kg de ureia por ano), contribuindo para que a atividade biológica seja mais acentuada, podendo acelerar processo de decomposição MOS, reduzindo os valores de CT no local. No entanto, Rangel et al. (2008), em experimentos conduzidos em área de solo com textura média há 11 anos por cafeeiros verificaram maior teor de CT na entrelinha de cultivo do que na projeção da copa, o maior aporte de plantas daninhas e resíduos culturais na entrelinha do cafeeiro explicam a obtenção dos resultados.

O sistema radicular da *Brachiaria decumbens* apresentou acúmulo de CT nas camadas 0-10 e 10-20 cm, com valores de 28,28 g C kg⁻¹ e 24,12 g C kg⁻¹ respectivamente (Figura 1.6), semelhante a resultados apresentados por outros autores (ROSSI et al., 2012; SANTOS et al., 2014; RAMOS et al., 2022), os maiores valores na camada 0-10 cm deve-se possivelmente a maior deposição de materiais orgânicos na camada superficial solo (RANGEL et al., 2008; ROSOLEM et al., 2016). Rocha et al. (2016) ao avaliar o COT em cafeeiro irrigado em área contígua à do presente estudo observaram maiores teores médios de COT até a profundidade de 10 cm (29,12 g C kg⁻¹) comparativamente a 10 a 20 cm (23,44 g C kg⁻¹).

Os resultados sugerem baixa sensibilidade do teor de CT (GERAEI et al., 2016), já que no curto período de 2 anos da renovação do cafeeiro não foi possível detectar efeito significativo da presença de *Brachiaria decumbens* no consórcio. Os teores de CT diminuíram no perfil do solo (Figura 1.6), indicando efeito do maior aporte de biomassa

aérea e presença de raízes nas camadas mais superficiais. No sistema CF-CB, os conteúdos de CT foram, 28,28 g C kg⁻¹ e 13,03 g C kg⁻¹ na camada 0-10 cm e 60-80 cm respectivamente, em comparação aos valores similares de 27,55 g C kg⁻¹ e 13,15 g C kg⁻¹ na camada 0-10 cm e 60-80 cm, respectivamente no tratamento CF-SB (Figura 1.6). Um padrão semelhante foi observado por vários autores ao estudar latossolos do Cerrado (FIGUEIREDO et al., 2013; CORBEELS et al., 2016; FERREIRA et al., 2016).

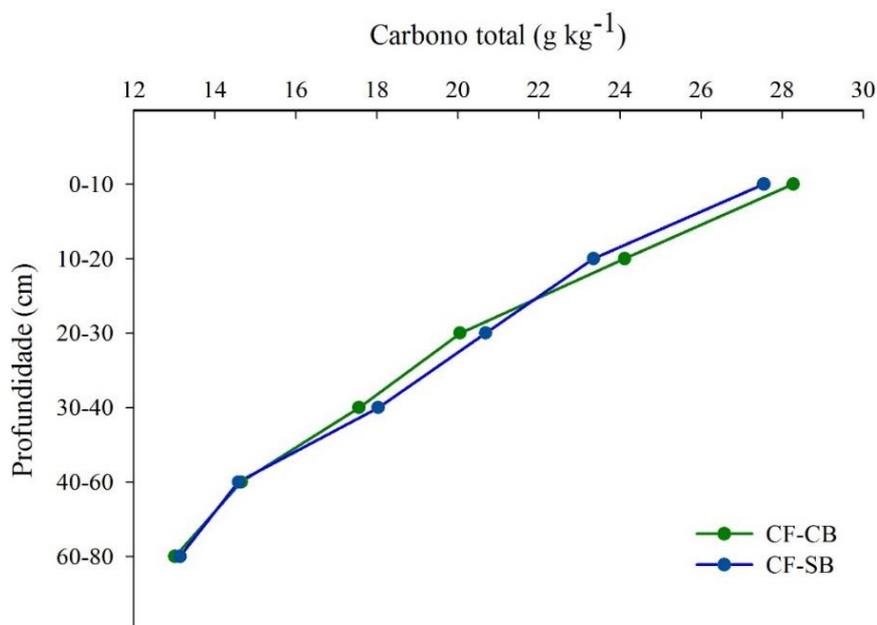


Figura 1.6. Carbono total do solo (g kg⁻¹) sob café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado. Em verde o tratamento CF-CB (Café arábica consorciado com a *Brachiaria decumbens*) e em azul o tratamento CF-SB (Café arábica sem a presença da *Brachiaria decumbens*).

3.3. Efeito do sistema de manejo nas frações MOS

As frações químicas e físicas da MOS foram avaliadas até nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm e as diferenças significativas entre os sistemas avaliados foram observadas no COP ($p < 0,05$), com os teores significativamente mais elevados no consórcio entre café e *Brachiaria decumbens* nas camadas de 0-10 (9,62 g kg⁻¹) e 20-30 cm (6,48 g kg⁻¹) comparativamente ao café cultivado sem a presença de *Brachiaria decumbens* na entrelinha com valores de 7,38 g kg⁻¹ e 5,10 g kg⁻¹ nas camadas 0-10 e 20-30 cm respectivamente (Tabela 1.2). Essas diferenças significativas em relação ao COP são devido à maior sensibilidade dessa fração de C ao manejo do solo (FIGUEIREDO et al., 2013; PRASAD et al., 2016; GERAEI et al., 2016).

O consórcio entre café e *Brachiaria decumbens* resultou no teor mais elevado de COP (9,62 g kg⁻¹) na camada 0-10 cm seguido 7,85 g kg⁻¹ e 6,48 g kg⁻¹ nas camadas 10-20 cm e 20-30 cm respectivamente. O tratamento café SB apresentou o maior valor na camada 0-10 cm, 7,38 g kg⁻¹ seguido de 6,50 g kg⁻¹ e 5,10 g kg⁻¹ nas camadas 10-20 cm e 20-30 cm respectivamente (Tabela 1.2). Segundo Rossi et al. (2012), os resíduos que entram no sistema são os que tem maior ação no incremento do C, mais aplicável ao COP, além do regime hídrico, um dos fatores determinantes encontrados por Costa et al. (2013), para distribuição das variáveis COT e frações oxidáveis da MOS.

Os teores das frações orgânicas estáveis avaliadas de AF, AH e HUM não diferiram entre os sistemas de manejo com e sem a presença de *Brachiaria decumbens* na entrelinha do café para as camadas de solo estudada. Em geral, os dois sistemas de manejo acumularam mais C na fração HUM e segundo Figueiredo et al. (2018), esses teores mais elevados de C na fração HUM, podem ser uma indicação de uma maior proteção química da MOS. Matei et al. (2012), observou que a disponibilidade de água no solo favoreceu a quantidade e qualidade do AF nos horizontes superficiais.

Tabela 1.2 Frações de carbono em diferentes camadas do solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade) sob sistema de manejo no café consorciado ou não com a *Brachiaria decumbens* no Cerrado. Carbono orgânico particulado (COP); Ácido fúlvico (AF); Ácido húmico (AH) e Humina (HUM).

	COP		AF		AH		HUM	
	CB	SB	CB	SB	CB	SB	CB	SB
	(g kg ⁻¹)							
Profundidade	CB	SB	CB	SB	CB	SB	CB	SB
0-10	9,62a	7,38b	0,12	0,12	0,08	0,10	3,73	3,72
CV (%)	23,59		6,74		10,28		2,82	
10-20	7,85	6,50	0,10	0,10	0,11	0,08	3,67	3,63
CV (%)	26,7		8,79		25,63		3,68	
20-30	6,48a	5,10b	0,08	0,08	0,05	0,05	3,17	3,57
CV (%)	19,96		7,63		38,02		20,68	

Letras diferentes indicam que há diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com o test F.

3.4. Atividade enzimática

A atividade das enzimas arilsulfatase e β -glucosidase estão apresentadas na Figura 1.7, os resultados mostraram que as amostras de solo coletadas em dezembro, no início da estação chuvosa, responderam significativamente ($p < 0,05$) ao sistema de manejo (com e sem consórcio de braquiária) e posição de coleta do solo (projeção da copa e entrelinha). O tratamento que apresentou maior atividade enzimática foi ECB (280,83 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo para arilsulfatase e 180,33 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo para β -glucosidase), seguida da ESB (212,66 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da arilsulfatase e 128,50 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo da β -glucosidase) (Figura 1.8), valores médios maiores do que os encontrados por Rodrigues et al. (2022) e Aragão et al. (2020). Rodrigues et al. (2022) também observaram que as enzimas do solo (arilsulfatase e β -glucosidase) tiveram as atividades aumentadas com a presença da *Brachiaria decumbens* em consórcio e a interação com o regime hídrico. A maior atividade das enzimas relacionada com a presença de uma planta de cobertura entre as fileiras do café, pode ser explicada pela menor amplitude, mudanças de temperatura do solo e a manutenção da sua umidade, que impacta diretamente a microbiota do solo. A presença da braquiária no consórcio com café aumenta a atividade dessas enzimas: arilsulfatase e β -glucosidase (RODRIGUES et al., 2022; MENDES et al., 2019; BRANDAN et al., 2017), também porque a planta de cobertura promove a adição contínua de serrapilheira e raízes na superfície, conseqüentemente incorporação de C ao solo (BALOTA & CHAVES, 2010).

Em geral, a arilsulfatase resultou em maior atividade no solo quando comparada a β -glucosidase. Esses resultados mostram que a arilsulfatase é um indicador mais sensível para detectar alterações nos resultantes do manejo do solo (MENDES et al., 2005). Assim, a enzima arilsulfatase é considerada um dos bioindicadores capaz de detectar mudanças no funcionamento biológico antes de mudanças significativas nos níveis de carbono da biomassa microbiana (BMS) e MOS. Na região do Cerrado, as enzimas arilsulfatase e β -glucosidase em 20 anos de estudos envolvendo bioindicadores, mostraram maior sensibilidade aos sistemas de manejo do que BMS e MOS (MENDES et al., 2019; 2021).

Assim, sugere-se que a atividade da arilsulfatase e da β -glucosidase foi favorecida pelo aporte de biomassa no consórcio entre café e *Brachiaria decumbens*, estimulando a ação de microrganismos nas transformações da MOS. As atividades das enzimas do solo estão frequentemente relacionadas à MOS (LOPES et al., 2013) e incrementam a produtividade do café (ARAGÃO et al., 2020). Portanto, o incremento na atividade

enzimática pode indicar se o sistema de manejo adotado tem potencial para aumentar MOS (RODRIGUES et al., 2022).

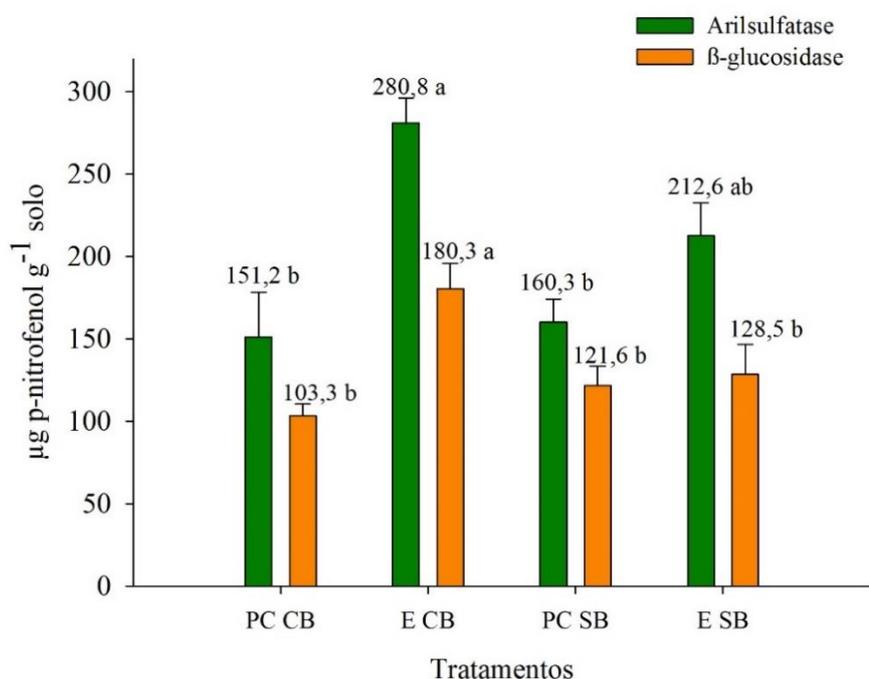


Figura 1.7. Atividade enzimática da β-glucosidase e arilsulfatase no café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, em função da entrelinha do cafeeiro e a projeção da copa da planta de café, no Cerrado. Planaltina-DF. PCCB (projeção da copa da planta de café consorciada com braquiária) ECB (entrelinha do café com a presença de *Brachiaria decumbens*); PCSB (projeção da copa da planta de café sem *Brachiaria decumbens*) ESB (entrelinha do café sem *Brachiaria decumbens*).

3.5. Relação das frações da matéria orgânica com a produtividade, densidade do solo e atividade enzimática.

Dois componentes principais foram gerados (PC1 e PC2) como ferramentas para distinguir os sistemas de manejo (CB e SB), considerando-se todos os atributos do solo e a produtividade (CT, COP, AH, AF, HUM, densidade do solo, arilsulfatase, β-glucosidase e produtividade). A variação cumulativa na distribuição das variáveis selecionadas foi de PC1 (36,7%) e PC2 (23,8%), totalizando 60,5% para a soma dos componentes principais (Figura 1.8).

No período avaliado, o componente principal (PC1) apresentou maior correlação com a β-GLUCOSIDASE (0,84), DENSIDADE (-0,77), AH (0,73), AF (0,70) e COP (0,62) enquanto a PC2 apresentou a melhor correlação com CT, com uma razão de 0,42

(Tabela 1.3). A análise da interação mostrou dois grupos de correlações formadas, que corresponde ao grupo CT, carbono COP e HUM (referente a PC1) e o outro grupo, PC2 com o maior número de variáveis, sendo elas enzimas do solo, produtividade de grãos e frações químicas da MOS (Tabela 1.3; Figura 1.8). Ressalta-se que a enzima Arilsulfatase está fortemente agrupada com a produtividade de grãos do café. A análise de interação sugere um efeito integrado das variáveis relacionadas a MOS e atividade enzimática, expressa pelos agrupamentos formados.

De maneira geral, no presente estudo, em relação aos sistemas de manejo, uma separação dos sistemas com e sem a presença da *Brachiaria decumbens* foi observado. Essa separação evidência que o sistema de manejo sem a presença da *Brachiaria decumbens* esteve mais ligado ao carbono orgânico e a fração de C mais humificada, e menos sujeita a variações pelo manejo do solo. Assim, a presença da *Brachiaria decumbens* no sistema pode melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e conseqüentemente, favorecem o acúmulo de MOS em suas diversas frações.

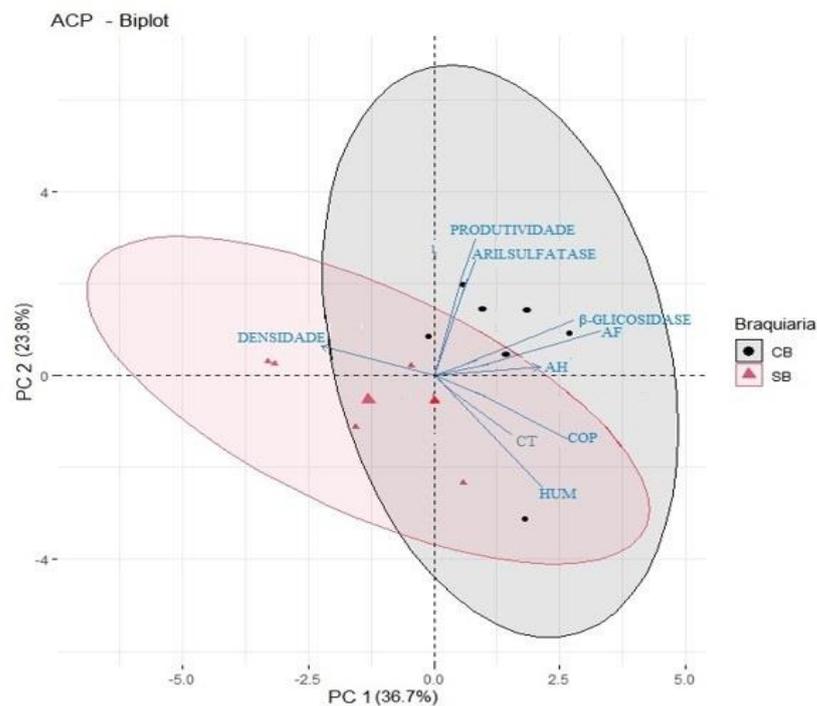


Figura 1.8. Análise de componentes principais sob sistema de manejo no café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, no Cerrado.

Tabela 1.3. Coeficientes de correlação entre as variáveis e a análise de componentes principais (PC1 e PC2), para diferentes manejos na cultura do café.

Estatística	PC1	PC2
Eigen Value	3,3	2,1
% Explained	36,7	23,8
Variáveis	PC.1	PC.2
COP	0,62	-0,280
AF	0,70	0,158
AH_	0,73	0,066
HUM	0,36	-0,392
CT	0,59	-0,584
Arilsulfatase	0,26	0,852
β -glucosidase	0,84	0,332
Densidade	-0,77	0,222
Produtividade	0,20	0,806

A presença da *Brachiaria decumbens* no sistema de consórcio com café pode representar a médio-longo prazo uma opção para melhoria da qualidade do solo, além de representar uma estratégia mais sustentável para cafeicultura no Cerrado.

4. CONCLUSÕES

Os nossos resultados mostram que o sistema de café cultivado com a presença de braquiária, no curto período de 2 anos da renovação do cafeeiro e implantação do sistema alterou o carbono orgânico particulado, na profundidade 0-10 e 20-30 cm. Para as frações químicas da matéria orgânica, não foi possível detectar efeito significativo da presença de *Brachiaria decumbens* no consórcio.

O sistema de café cultivado no Cerrado com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas favorece a atividade enzimática no solo (arilsulfatase e β -glucosidase) pelo aporte de biomassa aérea e radicular dessa braquiária, estimulando a ação de microrganismos nas transformações da MOS. Para o estoque de carbono não houve diferenças significativas entre os diferentes sistemas de manejo com e sem a presença *Brachiaria decumbens*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

ARAGÃO, O. O.S.; OLIVEIRA-LONGATTI, S.M.; CAPUTO, P.S.C.; RUFINI, M.; CARVALHO, G.R.; CARVALHO, T.S.; MOREIRA, F.M.S. Microbiological indicators of soil quality are related to greater coffee yield in the Brazilian Cerrado region. **Ecological Indicators**, v. 113, p. 106205, 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100006>.

BALOTA, E.C; CHAVES, J.C.D. Atividade enzimática e mineralização do carbono e nitrogênio sob solo cultivado com adubos verdes na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1573-1583, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500010>

BENITES, V.M.; MADAR, B.; MACHADO, P.L.O.D.A. Extração e Fracionamento Quantitativo de Substâncias Húmicas do Solo: um Procedimento Simplificado de Baixo Custo. **Comunicado Técnico**, v.16, p.1–7, 2003.

BRANDAN, C.P et al. Influência de uma gramínea tropical (*Brachiaria brizantha* cv. Mulato) como planta de cobertura nas propriedades bioquímicas do solo em um solo agrícola degradado. *European Journal of Soil Biology*, v.83, p.84-90, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.10.009>

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.

CARLSON, K.M.; GERBER, J.S.; MUELLER, N.D.; HERRERO, M.; MACDONALD, G.K. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 1, p. 63-68, 2017. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3158>

CARVALHO, A.M.; MARCHÃO, R.L.; SOUZA, K.W.; BUSTAMANTE, M.M.C. Soil fertility status, carbon and nitrogen stocks under cover crops and tillage regimes. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.914–921. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500007>.

CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; ALVES, P.C.A.; JUNIOR G.R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants that present potential use in integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46 n.10, p.1200–1205. 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>.

CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop Pasture Science**, v.63, p.1075-1081, 2012.

CARVALHO, A.M.; RIBEIRO, L.R.P.; MARCHÃO, R.L.; OLIVEIRA, A.D.; PULROLNIK, K. FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and soil organic matter pools in no-tillage systems in the Cerrado. **Soil use and Management**, p.1-13, 2021. doi: 10.1111/sum.12746.

CERRI, C.C.; CANDIANO, C.A.C.; REIS, M.R.; D’ALESSANDRO, S.C.; TURELLO, L.; MOREIRA, C.S.; ALVES, P.A.; TOLEDO, F.H.R.B.; CASTIGIONI, B.A.; RODRIGUES, G.A.A.; CERRI, D.G.P.; CERRI, C.E.P.; TEIXEIRA, A.A. Estoques de

carbono e nitrogênio no solo devido a mudança do uso da terra em áreas de cultivo de café em Minas Gerais [Internet]. **Coffee Science**. v.12, n.1, p.30-41. 2017.

CHAHAL, I.; VYN, R.J.; MAYERS, D.; VAN EERD, L.L. Cumulative impact of cover crops on soil carbon sequestration and profitability in a temperate humid climate. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.1-11. 2020. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70224>

CHATTERJEE, N.; NAIR, P.K.R.; CHAKRABORTY, S.; NAIRC, V.D. Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 266, p. 55-67, 2018.

CORBEELS, M.; MARCHÃO, R.L.; SIQUEIRA NETO, M.; FERREIRA, E.G.; MADARI, B.E.; SCOPEL, E.; BRITO, O.R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, p. 21450, 2016.

COSTA, A.A.; DIAS, B.D.O.; FRAGA, V.D.S.; SANTANA, C.C.; SAMPAIO, T.F. et al. Physical fractionation of organic carbon in areas under different land uses in the Cerrado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. v.24 p.534–540. 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n8p534-540>

COSTA, A.R.; SATO, J.H.; RAMOS, M.L.G.; FIGUEIREDO, C.C.; SOUZA, G.P.; ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an Oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 55-65, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100006>

DUVAL, M.E.; MARTINEZ, J.M.; GALANTINI, J.A. Assessing soil quality indices based on soil organic carbon fractions in different long-term wheat systems under semiarid conditions. **Soil Use and Management**, v.36, n.1, p.71-82, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12532>.

DYBZINSKI, R.; FARGIONE, J.E.; ZAK, D.R.; FORNARA, D.; TILMAN, D. Soil fertility increases with plant species diversity in a long term biodiversity experiment. **Ecologia**, v. 158, n.1, p. 85-93, 2008.

EBERHARDT, D.; MARCHAO, R.L.; QUIQUAMPOIX, H.; LE GUERNEVE, C.; RAMAROSON, V.; SAUVADET, M.; MURAOKA, T.; BECQUER, T. Effects of companion crops and tillage on soil phosphorus in a Brazilian oxisol: a chemical and ³¹P NMR spectroscopy study. **Journal of Soils and Sediments**, v.21, p.1024–1037. 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02817-7>.

FERREIRA, E.A.B; BUSTAMANTE, M.M.C; RESCK, D.V.S; FIGUEIREDO C.C; PINTO A.S; MALAQUIAS J.V. Carbon stocks in compartments of soil organic matter 31years after substitution of native cerrado vegetation by agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, 2016. doi: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150059>

FIGUEIREDO, C.C.; OLIVEIRA, A.D.; SANTOS, I.L.; FERREIRA, E.A.B.; MALAQUIAS, J.V.; SÁ, M.A.C.; CARVALHO, A.M.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G. Relationships between soil organic matter pools and nitrous oxide emissions of agroecosystems in the Brazilian cerrado. **Science Total Environment**. v.618, p.1572-82. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2017.09.333>

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.; CARNEIRO, M.A.; RAMOS, M.L.G.; SÁ, J.C.M. Stratification ratio of organic matter pools influenced by management systems in a weathered Oxisol from a tropical agro-ecoregion in Brazil. **Soil Research**, 51:133-141, 2013.

FONTANA, A.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BRITO, R.J.; BENITES, V.M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33 n.3, p.545–550. 2011. doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagr.on.v33i3.5169>.

GERAEI, D.S.; HOJATI, S.; LANDI, A.; CANO, A.F. Total and labile forms of soil organic carbon as affected by land use change in southwestern Iran. **Geoderma**. Reg, 7:29–47., 2016.

GMACH, M.R.; DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; NÓBREGA, J.C.; LUSTOSA-FILHO, J.F. et al. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado. Brazil. **Geoderma Regional**, v.14, p.e00178. 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00178>

HANK, E.D.; DICK, D.P. Estoque de carbono e mecanismos de estabilizacao da materia organica do solo: uma revisão. **Revista Científica Agropampa**, v. 2, n. 2, p. 171-190, 2020.

HORROCKS, C.A.; ARANGO, J.; AREVALO, A.; NUÑEZ, J.; CARDOSO, J.A.; DUNGAIT, J.A.J. Smart forage selection could significantly improve soil health in the tropics. **Science of the total environment**, v. 688, p. 609-621, 2019. doi: [10.1016/j.scitotenv.2019.06.152](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.152).

LABRADOR MORENO, J. La matéria orgánica en los agrosistemas. Madri, Ministério Agricultura, 176p. 1996.

LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; CHAER, G.M.; JUNIOR, F. B.R.; GOEDERT, W.J.; MENDES, I.C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2013.

MACKAY, A.D.; VIBART, R.; MCKENZIE, C.; COSTALL, D.; BILOTTO, F.; KELLIHER, F.M. Soil organic carbon stocks in hill country pastures under contrasting phosphorus fertiliser and sheep stocking regimes, and topographical features. **Agricultural Systems**, v.186, p.102980, 2021. doi: <https://doi.org/ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.agry.2020.102980>

MATEI, G.; MATEI, S.; MOCANU, V.; SECELEANU, I.; COTELĂ, V.; DUMITRU, S. Study on microbial communities and soil organic matter in irrigated and non-irrigated

vertisol from Boianu. **Soil Forming Factors and Processes**, from the Temperate Zone, v.11, p.1-8, 2012.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo; Aspectos teóricos e práticos. In. SEVERIANO, E.C. et al. Tópicos em Ciência do Solo, v. X, Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2019. p.399-462.

MENDES, I. C; SCOPEL, E; REIS-FABIO F.B; MARCHETTI, A.D. Indicadores biológicos em solos de propriedades rurais sob plantio direto e convencional na região de Rio Verde-GO. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26840/1/p2005_41.pdf Acesso em 27 de jan. de 2023.

MENDES, I.C; SOUSA, D.M.G; DANTAS, O.D; LOPES, A.A.C; JUNIOR, F.B.R; OLIVEIRA, M.I; CHAER, G.M. Soil quality and grain yield: A win–win combination in clayey tropical Oxisols. **Geoderma**, v. 388, p. 114880, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114880>.

NATH, A.J.; SILESHI, G.W.; LASKAR, S.Y.; PATHAK, K.; REANG, D.; NATH, A.; DAS, A.K. Quantifying carbon stocks and sequestration potential in agroforestry systems under divergent management scenarios relevant to India’s Nationally Determined Contribution. **Journal of Cleaner Production**, v. 281, p. 124831, 2021.

PAUL, B.K.; GROOT, J.C.J.; MAASS, B.L.; NOTENBAERT, A.M.O.; HERRERO, M.; TITTONELL, P.A. Improved feeding and forages at a crossroads: Farming systems approaches for sustainable livestock development in East Africa. **Outlook on Agriculture**, v. 49, n. 1, p. 13-20, 2020. doi: 10.1177/0030727020906170

PRASAD, J.V.N.S.; RAO, C.S.; SRINIVAS, K.; JYOTHI, C.N.; VENKATESWARLU, B.; RAMACHANDRAPP, B.K.; RAVICHANDRA, K.; MISHRA, P.K. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semiarid tropics of southern India. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.156, p.131-139, 2016.

RAMOS, M.L.G.; NASCIMENTO, R.S.M.P.; SILVA, A.M.M.; SILVA, S.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.P. Carbon and nitrogen stocks in cultivation systems of a Quilombola community in the Brazilian Cerrado. **Regional Environmental Change**, v.22, p.81, 2022. doi: /10.1007/s10113-022-01941-z.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; Estoque e fração da matéria orgânica de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.31, p.1341-1353. 2008.

ROCHA, O.C; GUERRA, A.F; RODRIGUES, G.C; SANZONOWICZ, C; MERA, A.C; JERKE, C; CORDEIRO, A. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the Cerrado region. In: 22nd International Conference on Coffee Science, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September, 2008. **Association Scientifique Internationale du Café (ASIC)**, 2009. p. 1157-1160.

ROCHA, O.C.; RAMOS, M.L.G.; VEIGA, A.D.; GUERRA, A.F., BARTHOLO, G.F.; RODRIGUES, G.C.; SILVA, J.E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, p.1476-1483, 2016.

ROCHA, O.M.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G. F. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no Cerrado. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 516 - 526 2014.

RODRIGUES, R.N.; REIS JÚNIOR, F.B.; LOPES, A.A.C.; ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; VEIGA, A.D.; MENDES, I.C. Soil enzymatic activity under coffee cultivation with different water regimes associated to liming and intercropped brachiaria. **Soil Science**. v.3 p.20200532. 2022. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200532> .

ROSOLEM, C.A.; LI, Y.; GARCIA, R.A. Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. **Soil Use and Management**, v.32, p.495–503. 2016. doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12309>.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GUIMARÃES GIÁCOMO, S.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Labile fractions of organic matter in cropping system with straw of brachiaria and sorghum. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v.43. n.1, p.38–46, 2012.

SANO, E.E.; BETTIOL, G.M.; MARTINS, E.S.; COUTRO JÚNIOR, A.F.; VASCONCELOS. Características gerais da paisagem do Cerrado. In: BOLFE, E.L.; SANO, E.E.; CAMPOS, S.K. (eds). *Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções*, 1 st. Ed. Embrapa Brasília, p. 21-37. 2020.

SANTANNA, L.S.; MERLUGO, L.; EHLE, C.S.; LIMBERGER, J.; FERNANDES, M.B.; SANTOS, M.C.; MENDEZ, A.S.L.; PAULA, F.R.; MOREIRA, C.M. Chemical Composition and Hypotensive effect of *Campomanesia xanthocarpa*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v.11, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1591762>.

SANTOS, F.C.; KURIHARA, C.H.; DE RESENDE, Á.V.; ALVARENGA, R.C.; DE ALBUQUERQUE, M.R. *Arranjo de Plantas de Braquiária em Consórcio com a Cultura do Milho*, 2014.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 356p. 2018.

SATO, J.H.; DE FIGUEIREDO, C.C.; MARCHAO, R.L.; DE OLIVEIRA, A.D.; VILELA, L.; DELVICO, F.M.; ALVES, B.J.R.; DE CARVALHO, A.M. Understanding the relations between soil organic matter fractions and N₂O emissions in a long-term integrated crop-livestock. **European Journal of Soil Science**, v. 70, n. 6, p. 1183-1196, 2019.

SCHMATZ, R.; RECOUS, S.; AITA, C.; TAHIR, M.M.; SCHU, A.L.; CHAVES, B.; GIACOMINI, S.J. Crop residue quality and soil type influence the priming effect but not

the fate of crop residue C. **Plant and Soil**, v. 414, p. 229-245, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3120-x>.

SILVA SANTANA, M. et al. Estoques de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes usos do solo no estado de Pernambuco, Brasil. *Geoderma Regional*, v. 16, pág. e00205, 2019. DOI: <https://doi-org.ez103.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.geodrs.2019.e00205>

SILVA, F.A.M.; EVANGELISTA, B.A.; MALAQUIAS, J.V. Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados. Planaltina: DF, 2014. 98 p. Embrapa Cerrados. (**Documento, 321**).

SOARES, D.S.; RAMOS, M.L.G.; MARCHÃO, R.L.; MACIEL, G.A.; OLIVEIRA, A.D.; MALAQUIAS, J.V.; CARVALHO, A.M. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104316, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104316>. 2019

STOCKMANN, U.; ADAMS, M.A.; CRAWFORD, J.W.; FIELD, D.J.; HENAKAARCHCHI, N.; JENKINS, M.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; COURCELLE, V.R.; SINGH, K.; WHEELER, I.; ABBOTT, L.; ANGERS, D.A.; BALDOCK, J.; BIRD, M.; BROOKES, P.C.; CHENU, C.; JASTROW, J.D.; LAL, R.; LEHMANN, J.; ZIMMERMANN, M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.164, p.80-99, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society American, 1996. p.1011-1020.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: R.W. Weaver et al. *Methods of soil analysis*. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p.775-833.

VEIGA, A.D.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; BARTHOLO, G.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, T.P. Arabica coffee cultivars in different water regimes in the central Cerrado region. **Coffee Science**, v.14, p.349-358, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i3>

WANG, S.; XU, L.; ZHUANG, Q.; HE, N. Investigating the spatio-temporal variability of soil organic carbon stocks in different ecosystems of China. **Science of The Total Environment**, v. 758, p. 143644, 2021.

YEOMANS, J.C.; BREMMER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988. Doi: <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>.

CAPÍTULO II

Produtividade e teor de nutrientes no café arábica consorciado com a braquiária decumbens no Cerrado

CAP. 2. Produtividade e teor de nutrientes no café arábica consorciado com a *Braquiária decumbens* no Cerrado

Resumo

O manejo nas entrelinhas do cafeeiro com plantas de cobertura como, a *Brachiaria decumbens* pode aumentar a produtividade da cultura, promover maior proteção e conservação ao solo, além da maior liberação e ciclagem de nutrientes. As cultivares de café tem seu ciclo afetado pela época de plantio e fatores edafoclimáticos como, nutrição mineral, temperatura e disponibilidade hídrica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) nas entrelinhas, consorciada com duas cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) nos teores de macros e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e B) presentes nas folhas e a produtividade. O experimento localizou-se no campo experimental da Embrapa Cerrados, sob Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa. A área experimental foi conduzida, inicialmente, com a *Brachiaria decumbens* como planta de cobertura, e em fevereiro de 2019 renovados os cafeeiros cvs. IPR-103 e IPR-99 e feita a e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. Após 2 anos de renovação e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, realizada as avaliações. O delineamento utilizado foi de parcelas subdivididas, com 3 repetições, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo: com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, as subparcelas formadas por duas cultivares de café arábica: cvs. IPR-103 e IPR-99. Cada parcela foi constituída por 8 plantas, com espaçamento de 3,5 m nas entrelinhas e 0,5 m entre plantas. O experimento foi manejado com aplicação de estresse hídrico controlado por cerca de 60 dias (estação seca) a fim de induzir uma floração uniforme após retomada da irrigação. O manejo da irrigação realizado através do monitoramento do conteúdo de água no solo. Os tratamentos consistiram em 'IPR-103' CB: cv. IPR-103 consorciado com braquiária, 'IPR-103' SB: cv. IPR-103 sem braquiária, 'IPR-99' CB: cv. IPR-99 consorciado com braquiária e 'IPR-99' SB: cv. IPR-99 sem braquiária. As folhas do café foram retiradas na parte média das plantas, e secas em estufa a 65 °C por 72 horas. As coletas foram realizadas durante 120 dias com intervalos de 30 dias totalizando 5 amostragens (0, 30, 60, 90 e 120 dias). A análise dos macros e micronutrientes foram feitas através da Espectroscopia de Emissão Atômica Acoplada Indutivamente (ICP-OES). O nitrogênio foi determinado por análise de fluxo de injeção (FIA). Os resultados mostraram um pico de concentração dos nutrientes aos 60 dias. sendo N, Mg, Ca, S, B, Mn e Fe considerados na faixa crítica ideal, P acima do nível crítico, e o K e Cu abaixo dessa faixa crítica. Não houve diferenças estatísticas para a produtividade de grãos do café. A presença de braquiária no consórcio pode ter contribuído para menor concentração de K. Portanto, a concentração de nutrientes é favorecida após o estresse hídrico no Cerrado.

Palavras-chave: Consórcio, Análise foliar, Macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e B), *Coffea arabica* L.

CAP. 2. Productivity and chemical attributes of Arabica coffee intercropped with *Brachiaria decumbens* in the Cerrado

Abstract

The management between coffee lines with cover crops such as *Brachiaria Decumbens* can increase their productivity, promote greater protection and conservation of the soil, and have been highlighted by the greater release and efficient cycling of nutrients. Coffee cultivars have their cycle affected by planting season and soil and climatic factors such as mineral nutrition, temperature and water availability. The objective of this study was to evaluate the lines effect of *Brachiaria (Brachiaria Decumbens)* intercropped with two coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) levels of macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe and B) and crop productivity. The experiment was conducted in Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, in a red dystrophic latosol clay texture. The experiment was initially conducted with *Brachiaria decumbens* as a cover plant, and in february 2019 the coffee trees cvs. ('IPR-103') and ('IPR-99') and the system was implemented with and without the presence of *Brachiaria* between the lines. After 2 years of renovation and implementation of the system with and without presence of *Brachiaria* cultivated in the coffee lines. The experimental design used was subdivided plots with 3 replications, with plots consisting of two management systems: with (CB) and without (SB) *Brachiaria* in the consortium with coffee, the subplots formed by two cultivars of Arabica coffee ('IPR-103') and ('IPR-99'). Each plot consisted of 8 plants per line, spaced 3.5m between lines and 0.5 m between plants. The experiment was managed with the application of controlled water stress for about 60 days (dry season) in order to induce uniform flowering after resumption of irrigation. The irrigation management carried out by monitoring the water content in the soil. The trataments consisted of: 'IPR-103' CB: cv. IPR-103 consortium with *Brachiaria*, 'IPR-103' SB: cv. IPR-103 without *Brachiaria*, 'IPR-99' CB: cv. IPR-99 consortium with *Brachiaria* and 'IPR-99' SB: cv. IPR-99 without *Brachiaria*. The coffee leaves were removed in the middle part of the plants, stored in paper bags and dried in an oven at 65°C for 72 hours. Samples were collected during 120 days with intervals of 30 days, totaling 5 samplings (0, 30, 60, 90 and 120 days). The analysis of macro and micronutrients were made through Inductively Coupled Atomic Emission Spectroscopy (ICP-OES). The nitrogen was determined by injection flow analysis (FIA). The results showed a peak concentration of nutrients at 60 days, the N, Mg, Ca, S, B, Mn and fe considered in the ideal critical range, P above the critical level, and K and Cu below this critical range. There were no statistical differences for the productivity of coffee beans. The presence of *Brachiaria* in the consortium vontributed to a lower K concentration. Therefore, concentration is favored after water stress in the Cerrado.

Keywords: Consortium, leaf analysis, Macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe and B), *Coffea arabica* L.

1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea sp*) é uma cultura de grande importância socioeconômica. Além da geração de empregos diretos e indiretos dentro de sua cadeia produtiva, tem grande participação no crescimento do PIB nacional, devido a sua alta produtividade e exportações (FERRÃO et al., 2017). Atualmente a agricultura não busca somente altas produtividades e rentabilidade, mas também à preservação ambiental, com adoção de técnicas conservacionistas visando a proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MODA, et al., 2014).

No Brasil, a espécie arábica (*Coffea arabica* L.) possui grande potencial produtivo (MATIELLO et al., 2010; LIU et al., 2016), e em 2022, uma área de cerca de 2,23 milhões de hectares é cultivada com café, sendo 80% representado pelo café arábica (CONAB, 2022). A variabilidade genética da espécie influencia no estado nutricional, e evidências científicas têm atribuído absorção e uso eficiente de nutrientes (MARTINS et al., 2016), acúmulo de conteúdo nutricional nas folhas e ramos (OLIOSI et al., 2020) a fatores genéticos, além da disponibilidade de água (CRAMER et al., 2009), que contribui para absorção de nutrientes. Assim, o conteúdo de nutrientes está diretamente relacionado com a capacidade de desenvolvimento das plantas em diferentes condições edafoclimáticas.

A análise foliar é uma das principais ferramentas para avaliar o estado nutricional das culturas, quando bem adotadas, essas análises detectam deficiências ou excessos de nutrientes minerais nas plantas e contribuem para programas de manejo de nutrientes juntamente com a análise do solo (DEUS et al., 2018; NOWAKI et al., 2017; RAGOZO et al., 2014).

No consórcio café com a *Brachiaria decumbens*, a parte aérea da braquiária é roçada periodicamente, em função da altura da planta, quando atingisse 60cm (ROCHA et al., 2016) com estimativa de biomassa podendo chegar a 10 toneladas, e seus resíduos direcionados ao cafeeiro, fatores bióticos e abióticos influenciam no processo de decomposição e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes e a produtividade das culturas subsequentes (CARVALHO et al., 2008; 2009; 2011; TALBOT & TRESEDER, 2012). Além dos teores de macro e micronutrientes nas plantas de café, influenciados pela presença das plantas no consórcio, com capacidade diferenciada de ciclagem de nutrientes e absorção dos nutrientes (FIALHO et al., 2012).

Nossa hipótese é que, na região do Cerrado, o cultivo do café consorciado com *Brachiaria decumbens* aumenta o teor de nutrientes nas folhas do café. Desta forma, o

objetivo deste trabalho foi avaliar as cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99) consorciado ou não com a *Brachiaria decumbens* nos teores de nutrientes nas folhas do café e a produtividade de grãos na região do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados (CPAC), na Região Administrativa de Planaltina-DF, Brasil (latitude 15°35'30'' Sul e longitude 47°42'30'' Oeste) (Figura 2.1).

Mapa de localização da área experimental da Embrapa Cerrados Planaltina-DF

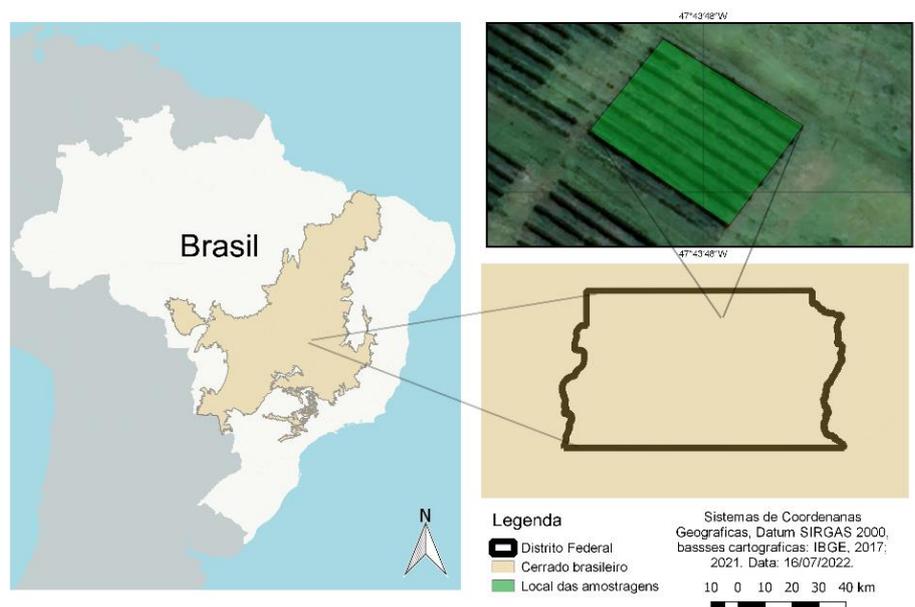


Figura 2.2. Localização da área experimental na Embrapa Cerrados. Café arábica com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas do cafeeiro, no Cerrado, Planaltina, DF.

O clima da região é do tipo Aw de acordo com classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), com estações bem definidas, com invernos secos e verões úmidos. A temperatura média anual varia de 22 °C a 25 °C e a precipitação de 800 a 2.000 mm (Figura 2.2), sendo que 80% dessa precipitação ocorre durante o período chuvoso, entre os meses de outubro a fevereiro (SILVA et al., 2014).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2018). Antes da instalação do experimento, a análise química do solo (camada de 0-20 cm) apresentou os seguintes resultados: pH em água 5,2, Al³⁺

(4,3 mmolc dm⁻³), Ca²⁺ (22,9 mmolc dm⁻³), Mg²⁺ (8,3 mmolc dm⁻³), H+Al (76,0 mmolc dm⁻³), P (1,4 mg dm⁻³); K (61,2 mg dm⁻³), saturação de alumínio (12%). Para a análise granulométrica, os níveis médios de argila, silte, areia fina e grossa foram 601, 116, 47 e 236 g kg⁻¹, respectivamente.

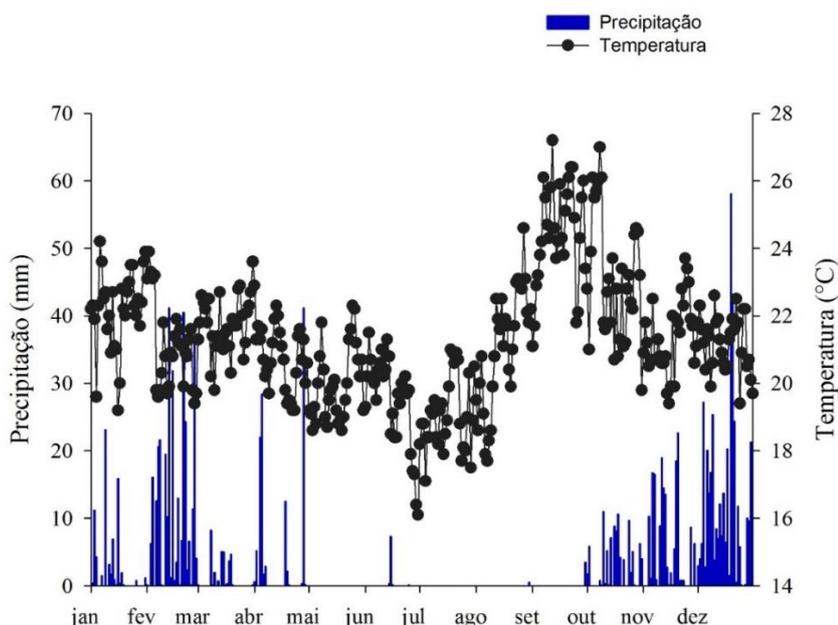


Figura 2.2. Temperatura média do ar (°C) e precipitação média (mm) da área experimental na Embrapa Cerrados durante o período de janeiro a dezembro de 2021, na região administrativa de Planaltina, DF.

A área experimental foi implantada com *Urochloa decumbens* (sinonímia *Brachiaria decumbens*), como planta de cobertura sem pastejo, de janeiro de 2000 a dezembro de 2007. Posteriormente, plantados os cafeeiros, cultivar *Catuai* vermelho 144, os experimentos foram explorados e avaliados até o ano de 2016 e posteriormente após a colheita foram renovados por meio de recepta drástica. Em fevereiro de 2019, foram plantados duas cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99), com espaçamento de 3,5m entrelinhas e 0,5m entre plantas, após 2 anos de renovação do cafeeiro e implantação do sistema com e sem a presença *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas realizada a avaliação. Antes da renovação, o cafeeiro era todo cultivado em consórcio e apenas na renovação, realizada em fevereiro de 2019, que foi separado em com e sem a presença da *Brachiaria decumbens*, pretende-se ao longo dos anos avaliar a presença da *Brachiaria decumbens* consorciado no café, neste primeiro momento, as coletas de solo foram realizadas com 2 anos após a área sendo mantida limpa sem a presença da braquiária. As

ruas onde não possuem a *Brachiaria decumbens*, foram retiradas com aplicação de Glifosato e capina manual. O plantio da *Brachiaria decumbens* foi feito em plantadeira na taxa de 8 kg ha⁻¹.

O delineamento utilizado foi de parcelas subdivididas, com três repetições, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo: com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, as subparcelas formadas por duas cultivares de café arábica: cvs. IPR-103 e IPR-99. Cada parcela foi constituída por 8 plantas. O experimento foi irrigado com um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central com aplicação de estresse hídrico controlado por cerca de 60 dias, entre junho e início de setembro (estação seca), com objetivo de induzir uma floração uniforme após retomar a irrigação (VEIGA et al., 2019). O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no monitoramento do conteúdo de água do solo, assim sendo, o momento de irrigação ocorria sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50% da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T ® Devices).

As parcelas com *Brachiaria decumbens* em consórcio nas entrelinhas do cafeeiro, manejadas com roçagem mecanizada no momento em que a altura da planta de cobertura atingisse 0,60m e os restos culturais foram mantidos na superfície do solo. Os tratamentos consistiram em parcelas com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas em consórcio com duas cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99) (Figura 2.3). A *Brachiaria decumbens* manejada com roçagem mecanizada no momento em que a altura da planta atingisse 0,60 m e os restos culturais foram mantidos na superfície do solo.

A adubação de plantio foi realizada na dose 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A adubação de cobertura para o primeiro ano com N e K parceladas, 200 kg ha⁻¹ de N com ureia e 200 kg ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio, parceladas nos meses de setembro-novembro-janeiro e março. No segundo ano foram realizadas adubações de cobertura, com 200 kg ha⁻¹ de N com ureia e 200 kg ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio, parceladas em 4 vezes e 50 kg ha⁻¹ de FTE-BR 12. A partir do terceiro ano, as adubações de cobertura foram realizadas com o dobro destas dosagens iniciais: 400 kg ha⁻¹ de N, 400 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de FTE-BR 12, parceladas em 4 vezes nos meses setembro-novembro-janeiro e março para aplicações de N e K. A aplicação de P foi feita em cobertura nas linhas do café, sendo 2/3 em setembro com a volta da irrigação e 1/3 entre novembro e dezembro. Uma aplicação corretiva do solo com 2 t ha⁻¹ de calcário mais gesso foram feitas após colheita em 2021.

Pivô associação : Espaçamento: 3,50 m x 0,50 m Plantio: Fev./2019 Total de mudas/cv: 8 plantas na linha

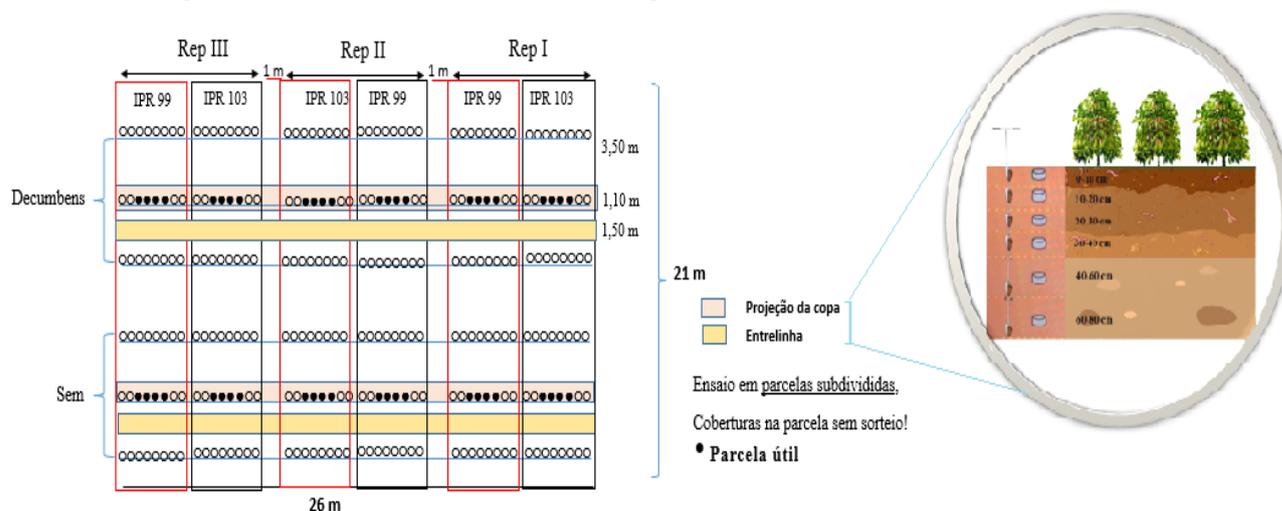


Figura 2.3. Croqui da área experimental na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, Brasil.

2.2. Avaliação dos resíduos vegetais da braquiária e produtividade do café

Foram realizados cortes da parte aérea da *Brachiaria decumbens* no período de outubro de 2021 a março de 2022, totalizando 5 cortes (Tabela 2.1). Para a planta de cobertura, a análise da composição química foi feita no corte seguinte a coleta do solo, que ocorreu em 13/01/2022, foi feita a coleta do material para a caracterização da composição química da braquiária, em função do momento de realização da coleta de solo em profundidade apresentadas no capítulo 1. A metodologia utilizada foi, foram arremessados aleatoriamente quadrados de 0,50m x 0,50m, na área central da entrelinha (0,90m centrais da entrelinha do cafeeiro), duas repetições por cada bloco nas ruas com a presença da *Brachiaria decumbens*. A estimativa de acúmulo final nos tratamentos em torno de 5 t ha⁻¹ para a cultivar arábica 'IPR-103' e 6 t ha⁻¹ na cultivar 'IPR-99'. Os materiais foram pesados e secos em estufa de ventilação forçada a 65°C, até alcançarem o peso constante. Após esse período, retiradas da estufa e pesadas novamente para obtenção do peso do material seco.

Tabela 2.1. Cortes realizados na *Brachiaria decumbens* no experimento consorciado com café arábica na Embrapa Cerrados Planaltina, DF.

Cortes da <i>Brachiaria decumbens</i> no consórcio com café	
1º Corte	19/10/2021
2º Corte	16/11/2021

3° Corte	13/01/2022
4° Corte	22/02/2022
5° Corte	30/03/2022

Para a caracterização da palhada da *Brachiaria decumbens* (3° corte), as amostras foram homogeneizadas, separado 6 repetições, as amostras moídas e acondicionadas em recipientes de plástico fechados. Na sequência, as amostras foram determinadas utilizando o NIRS FOSS 5000, Sistema II tipo 461006 (FOSS Analytical SA, DK 3400 Hilleroed, Dinamarca) com o software ISIScan v.2.85.3 (ISI Software, FOSS Analytical AB, Höganäs, Suécia). Neste equipamento as amostras foram escaneadas em uma cubeta cilíndrica de 50 mm de diâmetro com uma janela de quartzo e os dados espectrais foram registrados no modo de reflectância do equipamento para compor um espectro com 700 pontos divididos em comprimento de ondas a cada 2 nm. Os dados obtidos foram transformados em absorbância pelo logaritmo do inverso da reflectância ($A = \log [1/R]$). Para a obtenção dos espectros de absorção na região da radiação infravermelho foi considerado o intervalo de espectro NIR de 1100 a 1499 nm. A análise exploratória foi realizada com auxílio do Software The Unscrambler X, versão 10.5.1. Os espectros foram exportados do software ISIScan (v.2.85.3 ISI Software FOSS Analytical AB, Hoganäs, Sweden) e analisados no software The Unscrambler X versão 10.5.1 (CAMO Software AS, Oslo, Norway).

Adicionalmente, foram realizadas análises de fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina, celulose, hemicelulose da braquiária, a partir de espectrômetro utilizado no NIRS FOSS 5000, Sistema II tipo 461006 (FOSS Analytical SA, DK 3400 Hilleroed, Dinamarca).

Para a análise de nutrientes, 2 mg das amostras moídas foram adicionados a tubos de digestão e utilizados 10 ml de solução extratora composta por 5 mL de ácido nítrico, 4 mL de água Milli-Q e 1 mL de peróxido de hidrogênio, para cada 100 mg de amostra por cerca de 2 horas em bloco digestor. Após a digestão do material, foi adicionada água Milli-Q para completar o volume para 50 ml. Os elementos Mg, K, Ca, P e S, Fe, Mn, Cu, e B, foram analisados no plasma óptico (ICP OES), utilizando-se as seguintes linhas (nm): Ca 422,6, K 769,8, Mg 285,2, P 178,2, S 180,7, Fe 238,2, Mn 257,6, Cu 324,7, e B 208,8.

Na análise de nitrogênio total, o conteúdo do resultado da digestão foi transferido para os tubos de leitura, razão de 1:6 de água Milli-Q, analisado por colorimetria no Lachat Quik chem, pela análise de fluxo de injeção (FIA) QC8500, série 2.

A produtividade de grãos do café arábica foi obtida em função da colheita das 3 plantas centrais na parcela, após secagem e pesagem foi realizada a conversão dos dados em sacas ha⁻¹.

2.3. Determinação das concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea de duas cultivares de café arábica: cvs. 'IPR-103' e 'IPR-99'

As coletas das folhas do café arábica foram realizadas em duas cultivares ('IPR-103' e 'IPR-99') com (CB) e sem (SB) a presença de *Brachiaria decumbens*, iniciando no final do período de estresse hídrico, como parâmetro, de setembro de 2021 a janeiro de 2022 com intervalos de 30 dias, por um período de 4 meses, totalizando 5 coletas no tempo (0, 30, 60, 90 3 120 dias após o período de estresse hídrico). As folhas foram retiradas no terço médio das plantas, aleatoriamente na parcela, do terceiro ao quarto par de folhas, limpas e armazenadas em sacos de papel, em seguida secas em estufa a 65 °C por 72 horas para posterior análise. As amostras foram moídas e feita a digestão do material. A análise dos macros e micronutrientes foram obtidas por meio de Espectroscopia de Emissão Atômica Acoplada Indutivamente (ICP-OES). Enquanto, o nitrogênio total foi determinado por colorimetria no Lachat Quik chem, pela análise de fluxo de injeção (FIA) QC8500, série 2 (Figura. 2.4).

DETERMINAÇÃO DO TEOR NUTRICIONAL FOLIAR NO CAFÉ

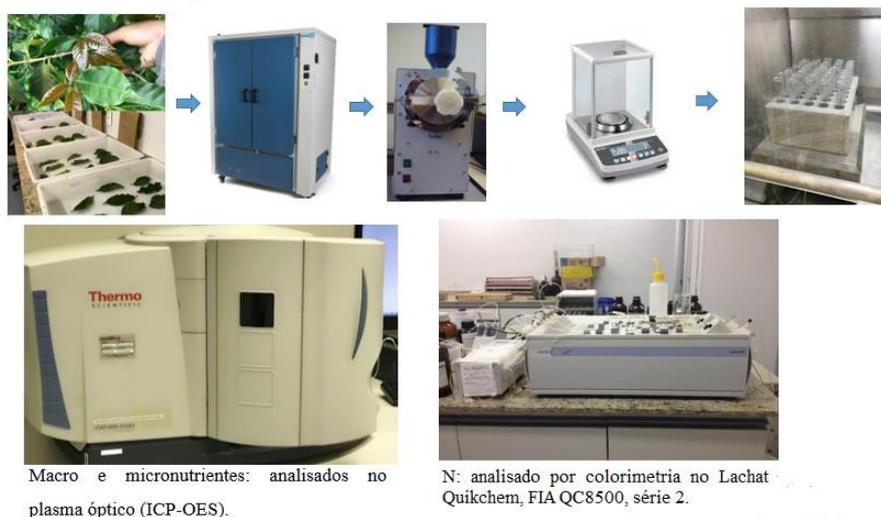


Figura 2.4. Passo a passo da determinação do teor nutricional das folhas do café realizada

na área experimental na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Macro e micro nutrientes analisados no plasma óptico e nitrogênio por colorimetria no Lachat Quikchem, FIA QC8500, série 2.

2.4. Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico R, os dados foram submetidos a um teste de normalidade Shapiro Wilk. Em seguida realizada a análise de variância (ANOVA), anexo A, onde as fontes de variação foram determinadas assim: parcela: com e sem a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas, subparcela: as cultivares de café arábica (cvs. IPR-103 e IPR-99). As médias comparadas pelo test de F ($p < 0,05$), para determinar as relações e significâncias entre as fontes de variação no programa estatístico software R.

A análise de regressão também foi realizada para estudar a relação entre os teores nutricionais. Os intervalos críticos para os teores de nutrientes calculados por meio da função: $y=0+a*x+b*x^2$, para estimar o comportamento dos teores de nutrientes das folhas da planta ao longo do período de avaliação (de setembro de 2021, correspondente ao final do período de estresse hídrico ao início de janeiro 2022, após as adubações de cobertura no café).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química de *Brachiaria decumbens* e produtividade do café

A composição química da *Brachiaria decumbens* é apresentada nas Tabelas 2.2 e 2.3. Os valores médios observados para celulose e hemicelulose foram de 314,8 e 263,9 g kg⁻¹ respectivamente, e o teor de nitrogênio (N), 18,96 g kg⁻¹ (Tabela 2.2).

Para que o N na planta, encontre-se na faixa adequada de suprimento para a planta sem considerar o aporte sintético de N, o resíduo deve ter aproximadamente 17 g kg⁻¹ de N, o que corresponderia a uma relação carbono/nitrogênio (C/N) entre 25 e 30 (SILGRAM & SHERPHER, 1999).

A concentração de lignina foi de 30,6 g kg⁻¹ e a razão lignina/N de 1,6, os valores obtidos são considerados favoráveis à decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais (CARVALHO et al., 2012; 2021) conseqüentemente, ciclagem mais rápida dos nutrientes e assim, favorecer o estoque de C no solo (CARVALHO et al., 2021). Nesse contexto da composição química do tecido vegetal da braquiária versus reservatório de estoque da matéria orgânica do solo (MOS), Carvalho et al. (2021) confirmaram a hipótese em

condições de Cerrado, que plantas de cobertura com maior concentração de frações solúveis na parte aérea, como hemiceluloses, e uma menor concentração de lignina e razão lignina/N, após 8 anos de cultivos promovem o maior acúmulo de frações lábeis da MOS e substâncias húmicas solúveis, como huminas e ácido húmico (*Canavalia brasiliensis*), conseqüentemente, maiores estoques de C (*Canavalia brasiliensis* e *Urochloa ruziziensis*) no solo.

Tabela 2.2. Concentrações de nitrogênio (N), hemicelulose, celulose e lignina (g kg^{-1}), relação lignina/N presentes em resíduos de *Brachiaria decumbens* no consórcio com café arábica.

	N	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Lignina/N
	g kg^{-1}				
<i>Brachiaria decumbens</i>	18,96	263,9	314,8	30,6	1,6
Desvio padrão	1,42	10,9	10,1	0,22	0,02

Os teores de nutrientes (macro e micronutrientes) na parte aérea da *Brachiaria decumbens* é apresentada na Tabela 2.3. Em relação aos macronutrientes da *Brachiaria decumbens*, os maiores valores foram obtidos para K ($27,9 \text{ g kg}^{-1}$), seguido do N ($18,96 \text{ g kg}^{-1}$) e o menor teor foi de S ($1,8 \text{ g kg}^{-1}$). A concentração mais elevada de micronutrientes foi de Fe ($1.602,0 \text{ mg kg}^{-1}$), e o menor valor foi de Cu, ($5,0 \text{ mg kg}^{-1}$) (Tabela 2.3), os valores dos macronutrientes dentro do padrão considerado adequado para *Brachiaria decumbens* (WENNER et al., 1996). Em relação aos maiores teores de K, plantas do gênero *Urochloa* apresentam grande capacidade de concentração e acumulação desse macronutriente superior ao N (ROSOLEM et al., 2012). A alta concentração de Fe pode ser devido à contaminação de solo rico em Fe nas amostras de braquiária em consórcio.

Concentrações mais elevadas dos micronutrientes B, Fe e o Mn considerados abaixo da faixa crítica ideal para braquiária (WENNER et al., 1996). Essa avaliação é fundamental para detectar possíveis desvios nos níveis críticos na eficiência de insumos tanto no aspecto de produção vegetal e competitividade dos nutrientes em consórcios.

Tabela 2.3. Médias obtidas das concentrações de macros e micronutrientes presentes em resíduos de *Brachiaria decumbens* no consórcio com café arábica.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----				
18,96	6,5	27,9	4,9	4,4	1,8	78,5	5,0	1602,3	30,5
Desvio padrão									
2,92	0,42	2,73	0,76	0,66	0,12	6,85	0,44	1103,14	7,66

Os 5 cortes realizados na *Brachiaria decumbens* consorciada com café resultaram em acúmulo de 5,11 t ha⁻¹ de matéria seca para a cultivar arábica 'IPR-103' e 6,00 t ha⁻¹ na cultivar 'IPR-99'. Para a maioria dos cortes, foi observado maior aporte de resíduo para cultivar 'IPR-99' (Figura 2.5).

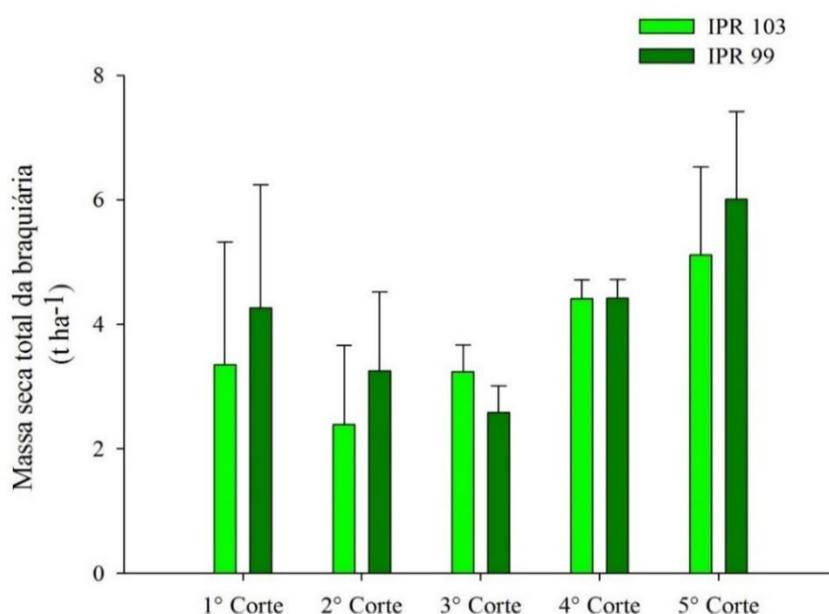


Figura 2.5. Cortes realizados na *Brachiaria decumbens* consorciada com café arábica de duas cultivares (cv. 'IPR-103' e 'IPR-99'), a partir do final do período de estresse hídrico setembro/2021 a março/2022. 1º corte: 20/10/2021; 2º corte: 16/11/2021; 3º corte: 13/01/2021; 4º corte: 22/02/2022 e 5º corte: 30/03/2022.

Não houve diferença significativa em relação às produtividades dos genótipos, nos tratamentos com e sem a presença da *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. Apesar de uma diferença de 8 sacas ha⁻¹ na cultivar IPR-99 CB com a presença da *Brachiaria*

decumbens nas entrelinhas. A produtividade dessas cultivares (cvs. 'IPR-99' e 'IPR-103'), foi superior à 80 sacas ha⁻¹ de 60 kg, em ambos os tratamentos, atingindo aproximadamente 95 sacas ha⁻¹ na cultivar 'IPR-99' no tratamento em consórcio com *Brachiaria decumbens* (Figura 2.6).

As cultivares 'IPR-103' e 'IPR-99', são consideradas de alta produtividade e adaptabilidade as condições do Cerrado, com um ótimo vigor vegetativo. Em estudos no planalto central, a cultivar 'IPR-103', apresentou média superior a 65 sacas ha⁻¹, demonstrando alta adaptabilidade as condições do ambiente como também a cultivar 'IPR-99' com ótimos rendimentos de grãos (VEIGA et al., 2019). Portanto, no presente trabalho, tanto 'IPR-103' quanto 'IPR-99' apresentaram produtividades superiores, ao que tem sido reportado pela literatura.

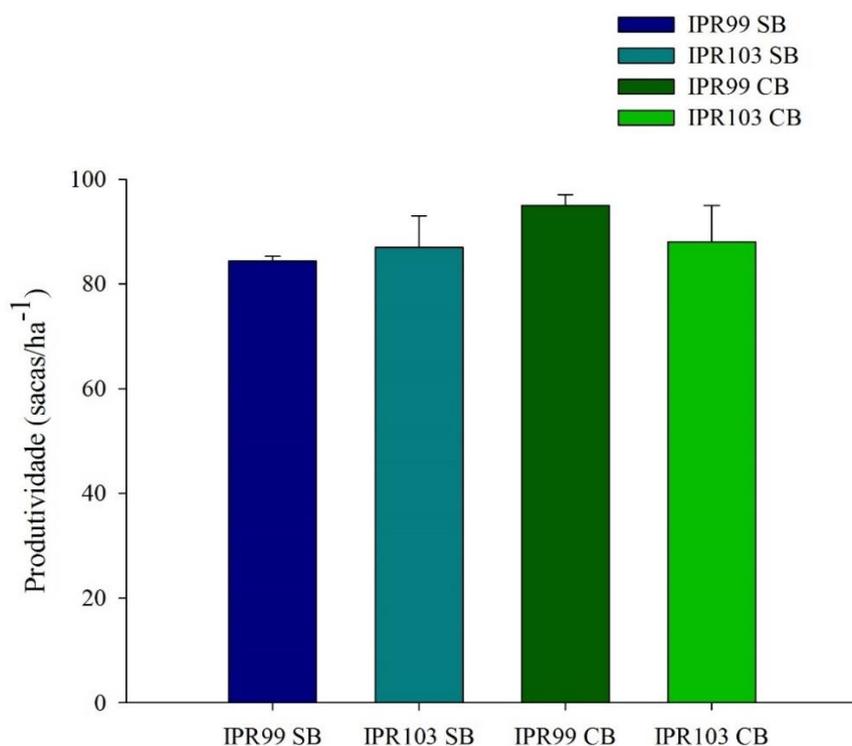


Figura 2.6. Produtividade de duas cultivares de café com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* no ano de 2021 na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. CB: com a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas e SB: sem a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas.

A produtividade de grãos está relacionada, dentre outros fatores, com a qualidade do solo, que é resultado dos atributos físicos, químicos e biológicos que a condicionam

(PAZ-FERREIRO & FU, 2013). Portanto, embora não tenha sido constatada diferença significativa no manejo do café consorciado com a *Brachiaria decumbens* neste trabalho, a adoção de plantas de cobertura, como da *Brachiaria decumbens* em sistemas de produção de café pode aumentar a capacidade produtiva, a partir da melhoria da qualidade do solo (SOARES et al., 2019), por meio da MOS e atividade enzimática (KAUFMAN et al., 2013; LOPES et al., 2013; ROSOLEM et al., 2016; MENDES et al., 2021).

3.2 Teor foliar de nutrientes das cultivares de café arábica com e sem presença de *Brachiaria decumbens* em consórcio (escala temporal de zero até 120 dias em relação ao estresse hídrico controlado)

A função que melhor descreve as variáveis concentrações de nutrientes (N, Ca, K, P, Mg, S, Cu, Mn, Fe e B) avaliada, é o modelo polinomial, $y=0+a*x+b*x^2$ e $R^2 < 1,0$, para ambos os tratamentos estudados (com e sem presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas).

Não houve diferenças entre o sistema de manejo com (CB) e sem (SB) *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas e nem entre as cultivares (cvs. 'IPR-103' e 'IPR-99') para os teores de macro e micronutrientes na parte aérea do cafeeiro. O teor de N variou de (10-32 g kg⁻¹) entre as datas de coleta (0, 30, 60, 90 e 120 dias) iniciando-se no final do período de estresse hídrico controlado, valores considerados baixos no início do processo de concentração para o tratamento cv. 'IPR-103' SB (8,13 g kg⁻¹), sendo que após 60 dias (período que corresponde de novembro a janeiro), atingiu-se a faixa considerada ideal, denominada de “faixa crítica” (23-30 g kg⁻¹) (Figura 2.7). Gallo et al. (1971) constataram que, aumentando o teor foliar de N de 26,5 g kg⁻¹ para 30,0 g kg⁻¹, a produção de café beneficiado aumentou de 1.856 kg ha⁻¹ para 2.826 kg ha⁻¹, evidenciando a importância desse nutriente para incrementos da produtividade do cafeeiro.

As concentrações de P e S foram mais altas no início dos períodos de avaliação, variando de (2,0-16 g kg⁻¹) e (1,3-3,6 g kg⁻¹), respectivamente, diferentemente do Ca, que no tempo zero apresentou os menores valores para cv. 'IPR-103' (1,42 g kg⁻¹) (Figura 2.7). De modo geral, para os macronutrientes apresentou alta concentração de P (2,0-3,4 g kg⁻¹) na faixa ideal da demanda do cafeeiro para Mg (6,0 g kg⁻¹), S (2,0 g kg⁻¹), N (24-30 g kg⁻¹) e Ca (12-14 g kg⁻¹) e baixa para K (1-12 g kg⁻¹) após os 60 dias, período que sucede o estresse hídrico, com a volta da irrigação e/ou chuva e as adubações no café (Figura 2.7). Esses resultados são semelhantes aos observado por Maia & Conte (2019), para os

nutrientes Mg ($6,50 \text{ g kg}^{-1}$), S ($1,61 \text{ g kg}^{-1}$) e Ca ($14,0 \text{ g kg}^{-1}$) e diferente para o P ($1,07 \text{ g kg}^{-1}$), que obteve uma redução gradativa nos tratamentos com a presença de *Brachiaria decumbens*. A presença da *Brachiaria decumbens* em consórcio também deve ter contribuído para reduzir a concentração de K pelas cultivares de café arábica (*cvs* 'IPR-103' e 'IPR-99'). Os resultados mostram que as cultivares *cvs*. 'IPR-99' e 'IPR-103' são eficientes na concentração de N, S, Mg e Ca, independente do consórcio. No período de crescimento do fruto, Gallo et al. (1971) e Hiroce (1981) observaram um decréscimo no teor de macronutrientes nas folhas, parte dos nutrientes são drenados das folhas para os grãos, para proporcionar o enchimento dos grãos, já o Ca que teve concentração aumentada, atribuído em parte à remobilização para os frutos.

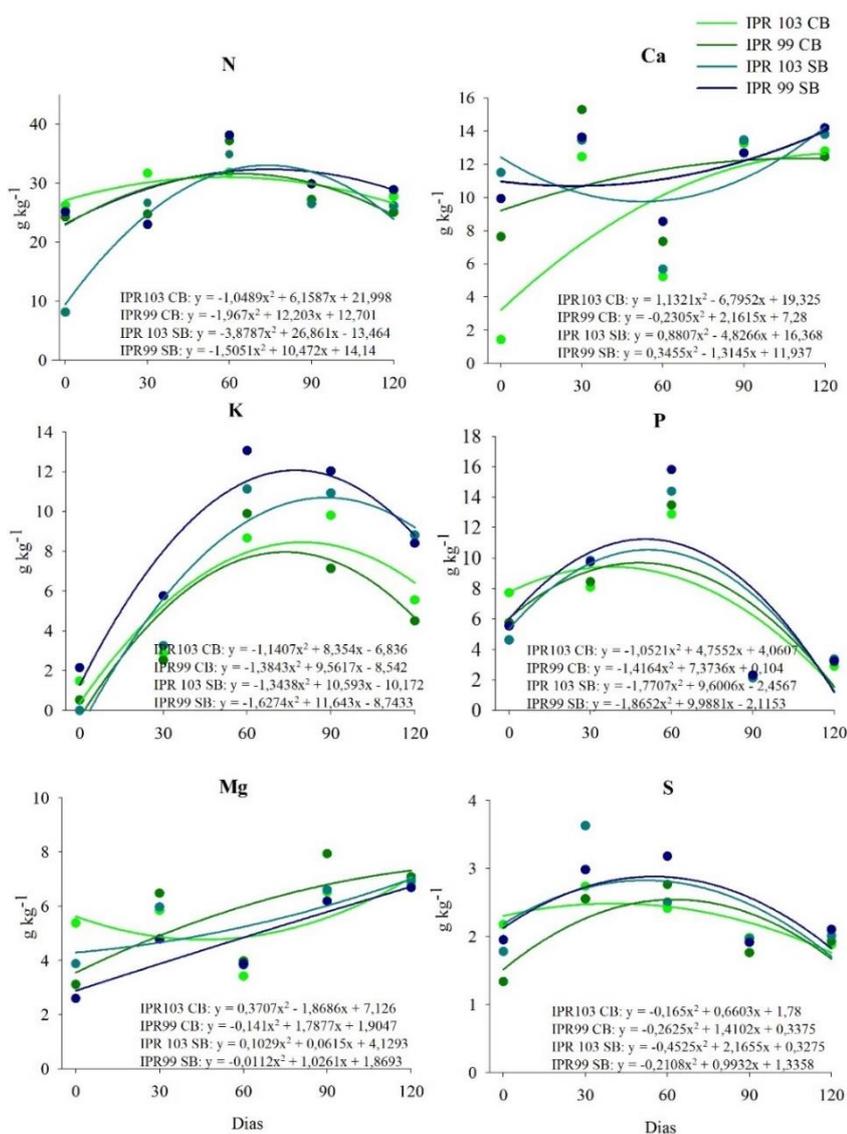


Figura 2.7. Concentrações de macronutrientes do cafeeiro em função de duas cultivares do café arábica, com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. 'IPR-

99' CB, 'IPR-103' CB, 'IPR-99' SB e 'IPR-103' SB em função do tempo. CB: com a presença de *Brachiaria decumbens* no consórcio e SB: sem a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas.

Em relação aos micronutrientes, para o nutriente Cu, os valores variaram de (6,2-9,6 mg kg⁻¹), a partir dos 60 dias em todos os tratamentos, com média de 7,21 mg kg⁻¹ (Figura 2.8) abaixo do teor crítico considerado ideal para o cafeeiro. O teor de Mn foi considerado ideal (53-78 mg kg⁻¹), enquanto os seguintes micronutrientes apresentaram concentrações altas a partir dos 60 dias: Fe, (265-563 mg kg⁻¹) e B (123-146 mg kg⁻¹) (CANTARELLA et al., 2022). Para o B e Fe, os maiores valores foram obtidos aos 90 dias, sendo B: 144,23; 131,67; 151,23 e 145,57 mg kg⁻¹ e para Fe: 563; 402,3; 401,1 e 410,1 mg kg⁻¹, para os tratamentos 'IPR-103' CB; 'IPR-99' CB, 'IPR-103' SB e 'IPR-99' SB, respectivamente (Figura 2.8).

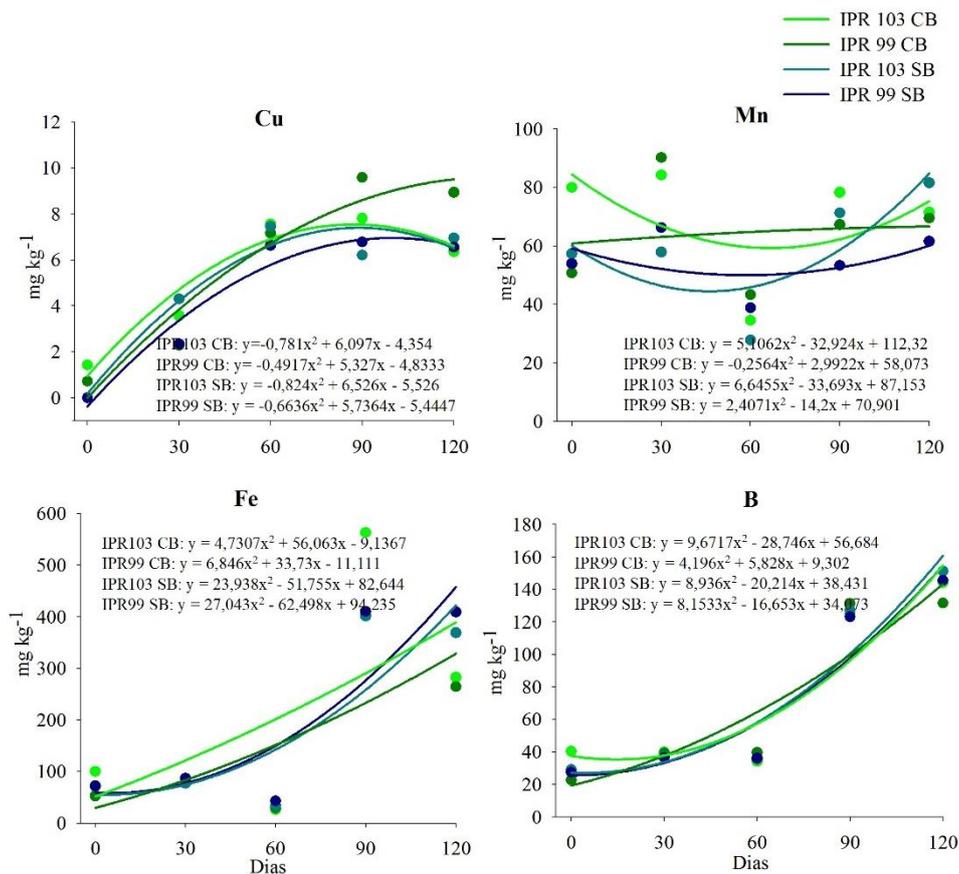


Figura 2.8. Concentrações de micronutrientes do cafeeiro em função de duas cultivares do café arábica, com e sem consórcio com *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas. 'IPR-99' CB, 'IPR-103' CB, 'IPR-99' SB e 'IPR-103' SB em função do tempo. CB: com a

presença de *Brachiaria decumbens* no consórcio e SB: sem a presença de *Brachiaria decumbens* nas entrelinhas.

De modo geral, em relação ao teor médio observado, os nutrientes que estão na faixa crítica ideal para o cafeeiro segundo Cantarella et al. (2022) são: N, Mg, Ca, S, B, Mn e Fe, acima do nível crítico P, e abaixo dessa faixa crítica ideal K (Tabela 2.4). O conhecimento do estado nutricional da planta é fundamental, principalmente em consórcios, como apresentado no estudo, no desenvolvimento da planta, produtividade e sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Tabela 2.4. Médias apresentadas para os teores de macro e micronutrientes no café (média de cultivares e consórcio ou não com *Brachiaria decumbens*).

Macronutrientes	Faixa crítica (g kg⁻¹)	Teor médio observado (g kg⁻¹)
Nitrogênio (N)	25-30	27,5
Fósforo (P)	1,5 – 2,0	6,9
Potássio (K)	20-30	6,4
Magnésio (Mg)	3,0 - 5	5,4
Cálcio (Ca)	10 - 15	11,5
Enxofre (S)	1,5 - 2,0	2,3
Micronutrientes	Faixa crítica (mg kg⁻¹)	Teor médio observado (mg kg⁻¹)
Boro (B)	60-100	75
Manganês (Mn)	50-100	61,98
Cobre (Cu)	10-20	5,13
Ferro (Fe)	50-200	192,85

Cantarella et al. (2022).

A relação entre os macronutrientes nas folhas do café são apresentadas na Tabela 2.5, quanto aos resultados apenas a relação N/S e K/Mg estavam próximas dos valores considerados ideais segundo Malavolta et al. (1993). Essa relação é importante para o crescimento produtivo, podendo ser um guia de informação para assegurar que os nutrientes estejam em equilíbrio.

Tabela 2.5. Média da relação crítica apresentada entre os macronutrientes nas folhas do café arábica consorciada ou não com *Brachiaria decumbens*.

Macronutrientes	Relação crítica ideal	Relação média observada
Nitrogênio/Fósforo (N/P)	16-18	4
Nitrogênio/Potássio (N/K)	1,3-1,4	4,29
Nitrogênio/Enxofre (N/S)	16-18	12
Potássio/Magnésio (K/Mg)	1,7-2,1	1,2
Potássio/Cálcio (K/Ca)	6,1-6,6	0,5

Malavolta et al. (1993)

A avaliação criteriosa da nutrição mineral do cafeeiro é fundamental para o uso racional dos fertilizantes, seja, no contexto atual de crise mundial de fertilizantes, como para o manejo sustentável dessa cultura, no contexto da agricultura conservacionista e regenerativa.

4. CONCLUSÕES

O pico de concentração nutrientes ocorreu aos 60 dias, sendo N, Mg, Ca, S, B, Mn e Fe considerados na faixa crítica ideal, P acima do nível crítico, e o K e Cu abaixo dessa faixa crítica, na análise foliar.

As produtividades, no período de avaliação, não apresentaram diferenças para presença ou não da *Brachiaria decumbens* consorciada com as cultivares de café arábica em condições de Cerrado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS, D. Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paul. Campinas: **Instituto Agrônômico**, 489p. 2022. ISBN: 978-65-88414-09-5.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A.; RESCK, I.S.; LEMOS, S.S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of

decomposing plant residues in convention land no-tillage systems in central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.102, p.144-150, 2009.

CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; ALVES, P.C.A.; JUNIOR G.R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants that present potential use in integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46 n.10, p.1200-1205. 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>.

CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop Pasture Science**, v.63, p.1075-1081, 2012.

CARVALHO, A.M.; RIBEIRO, L.R.P.; MARCHÃO, R.L.; OLIVEIRA, A.D.; PULROLNIK, K. FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and soil organic matter pools in no-tillage systems in the Cerrado. **Soil use and Management**, p.1-13, 2021. doi: 10.1111/sum.12746.

CARVALHO, C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: **Embrapa Café**, p.334, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café: v. 5- Safra 2022, n. 1 -Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-60. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> ISSN 2318-7913

CRAMER, M.D.; HAWKINS, H.J.; VERBOOM, G.A. The importance of nutritional regulation of plant water flux. **Springer**. v.161, p. 15-24, 2009. doi: 10.1007/s00442-009-1364-3

DEUS, J.A.L.; NEVES, J.C.L.; CORRÊA, M.C.M.; PARENT, S.É.; NATALE, W.; PARENT, L.E. Balance design for robust foliar nutrient diagnosis of “Prata” banana (*Musa spp.*). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2018. doi: 10.1038/s41598-018-32328-y.

FERRÃO, M.A.G. et al. Autoincompatibilidade e produção sustentável do café Conilon. In: FERRÃO, R.G. et al. (ed.). **Café Conilon**. 2.ed.**rev.atual**. e ampl. Vitoria: INCAPER, 2017. cap.7, p.177-191.

FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; FARIA, A.T.; TORRES, L.G.; ROCHA, P.R.R.; SANTOS, J.B. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. *Planta Daninha*. SBCPD. Viçosa-MG, **Planta daninha**, v. 30, p. 65-73, 2012.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P. Teores de nitrogênio em folhas do cafeeiro, em relação à adubação química. Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho-Amarelo Orto. **Bragantia**, Campinas, v.30, p.169-177, 1971.

HIROCE, R. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN J. A. (Ed.). **Nutrição e adubação do cafeeiro** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA). 1981. p.117 -137.

KAUFMAN, R.C.; WILSON, J.D.; BEAN, S.R.; PRESLEY, D.R.; BLANCO-CANQUI, H.; MIKHA, M. Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 24, p. 5715-5719, 2013.

LIU, X.; LI, F.; ZHANG, Y.; YANG, Q.; Effects of deficit irrigation on yield and nutritional quality of Arabica coffee (*Coffea arabica*) under different N rates in dry and hot region of southwest China. **Agricultural Water Management**, v. 172, p. 1-8, 2016.

MAIA, G.M. & CONTE, A.M. Manejo nas entre linhas do cafeeiro, a influência nos teores nutricionais e produtividade. **Revista cultivado o saber**. v. 12, p. 20-36. 2019.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D. R.; CASALE, H.; ROMERO, J. P. Seja o doutor do seu cafezal. São Paulo: Potafos, 1993. 36p. (**Informações Agrônômicas**, 64).

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé; Varginha: **Fundação Procafé**, p.546, 2010.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J.S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Brasília-DF, v.37 n.7, p. 1017-1022 jul. 2002.

MODA, R.L.; SANTOS, C.L.R.; FLORES, R.A.; BORGES, B.M.M.N.; ANDRIOLI, I.; PRADO, R.M.; Resposta do milho cultivado em sistema de plantio direto à aplicação de doses de nitrogênio e cultivo de plantas de cobertura em pré-safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 178-187, 2014.

NOWAKI R. H. D.; PARENT S.É.; FILHO A. B. C.; ROZANE, D. E.; MENESES, N. B.; SILVA, J.A.S.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Phosphorus Over-Fertilization and Nutrient Misbalance of Irrigated Tomato Crops in Brazil. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 825, 2017.doi: 10.3389/fpls.2017.00825.

OLIOSI, G.; PARTELLI, F.L.; SILVA, C.A. DA; DUBBERSTEIN, D.; GONTIJO, I.; TOMAZ, M. A. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v.44, p.74-85, 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1792492>

PAZ-FERREIRO, J.; FU, S. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 1, p. 14-25, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2262>

RAGOZO, C.R.A.; LEONEL, S.; TECCHIO, M.A. Nutritional balance and yield for green manure orange trees. **Ciência Rural**, v. 44, p. 616-621, 2014. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000400007>

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; MERA, A.C.; JERKE, C.; CORDEIRO, A. Water deficit in arabica coffee trees as affected by

irrigation regimes in the Cerrado region. In: 22nd International Conference on **Coffee Science**, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September, 2008. Association Scientifique Internationale du Café (**ASIC**), 2009. p. 1157-1160.

ROSOLEM, C.A.; LI, Y.; GARCIA, R. A. Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. **Soil Use and Management**, v.32, p.495–503. 2016. <https://doi.org/10.1111/sum.12309>.

ROSOLEM, C.A.; VICENTINI, J.P.T.M.M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1507-1515, 2012.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 356p. 2018.

SILVA, F.A.M.; EVANGELISTA, B.A.; MALAQUIAS, J.V. Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados. Planaltina: DF, 2014. 98 p. Embrapa Cerrados. (**Documento, 321**).

SILGRAM, M. & SHEPHERD, M. A. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. **Advances in agronomy**, v. 65, p. 267-311, 1999.

SOARES, D.S.; RAMOS, M.L.G.; MARCHÃO, R.L.; MACIEL, G.A.; OLIVEIRA, A.D.; MALAQUIAS, J.V.; CARVALHO, A.M. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104316, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104316>. 2019.

TALBOT, J.M, & TRESEDER, K.K. Interactions among lignin, cellulose, and nitrogen drive litter chemistry– decay relationships. **Ecology**. v. 93, p. 345–354. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER. I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

VEIGA, A.D.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; BARTHOLO, G.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, T.P. Arabica coffee cultivars in different water regimes in the central Cerrado region. **Coffee Science**, v.14, p.349- 358, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i3>

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, Jr., R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1996. p.263-271. (IAC, Boletim Técnico, 100).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários atributos podem ser utilizados para identificar as alterações no solo em função do sistema de manejo adotado. Nesse trabalho, observamos que os atributos mais sensíveis às mudanças em solos cultivados com café consorciado com a braquiária foram o COP e a Atividade enzimática. Esses atributos foram capazes de detectar mudanças ocorridas logo após os primeiros anos da implantação do sistema. Outros atributos indicados pela literatura também foram testados: densidade do solo, teor de carbono orgânico total, estoque de carbono total, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas. Mas, nenhum deles foi capaz de perceber as alterações no solo em função do manejo, no intervalo de tempo estudado.

A relação da composição do material vegetal e seus efeitos em atributos do solo, como as frações da matéria orgânica do solo e na ciclagem de nutrientes já vem sendo estudada. Porém, na cultura do café essas relações necessitam ainda de serem mais estudadas, principalmente, considerando sistemas de consórcios como do café consorciado com braquiária. Esse estudo é fundamental para economia de fertilizantes na cultura de café, no qual se aplicam elevadas quantidades de fertilizantes, sobretudo em relação ao nitrogênio que chega a ser aplicado em quantidades acima de 400 kg/ha de N via fertilizantes. No contexto mundial de crise de fertilizantes devido a guerra entre Rússia e Ucrânia, essa questão torna-se ainda mais crítica e necessária de ser elucidada no sentido de reduzir a quantidade de fertilizantes aplicadas nessa cultura.

ANEXO A- Resumo da análise de variância (ANOVA) para os nutrientes no experimento, café consorciado ou não com a *Brachiaria decumbens* no Cerrado.

	GL										
Tratamento	2										
Bloco	3										
Resíduo	6										
Total	11										
Tratamentos	NT	Al	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	S
01/09/2021											
IPR103CB	24,26	22,06	22,69	7,63	0,71	52,57	0,52	3,10	50,75	5,76	1,33
IPR103SB	25,13	38,32	27,55	9,92	0,00	71,89	2,15	2,59	53,90	5,54	1,95
IPR99CB	26,20	54,84	40,40	13,22	1,42	100,17	1,47	5,38	80,01	7,73	2,17
IPR99SB	8,13	39,99	29,15	11,50	0,00	71,69	0,00	3,87	57,34	4,62	1,78
CV (%)	54,16	62,69	35,28	43,51	145,88	36,82	77,21	54,3	54,15	53,52	36,5
01/10/2021											
IPR103CB	24,73	39,72a	39,30	15,29	2,27a	78,43	2,52b	6,48	90,27a	8,43	2,55b
IPR103SB	22,96	11,87ab	36,52	13,62	2,35a	86,82	5,76a	4,78	66,24ab	9,74	2,98b
IPR99CB	31,67	24,41ab	40,02	12,44	3,57a	83,27	2,88b	5,84	84,22ab	8,08	2,73b
IPR99SB	26,63	2,92b	37,28	13,46	4,30a	77,39	3,25ab	5,97	57,89b	9,84	3,63a
CV (%)	13,71	55,03	9,2	13,21	24,45	20,07	27,48	12,39	14,37	8,97	7,15
03/11/2021											
IPR103CB	37,13	0,00	39,64	7,34a	7,16	28,95b	9,89	3,97	43,31a	13,49	2,76
IPR103SB	38,13	0,31	36,19	8,55a	6,63	43,21a	13,05	3,87	38,84a	15,81	3,18
IPR99CB	31,80	7,36	34,32	5,22b	7,56	26,44b	8,67	3,42	34,50ab	12,88	2,41
IPR99SB	34,83	3,94	35,62	5,67b	7,46	34,08ab	11,13	3,82	27,78b	14,39	2,50
CV (%)	9,19	265,89	5,58	6,98	4,65	13,57	29,41	7,6	9,0	12,16	13,27
01/12/2021											

IPR103CB	27,15	40,67	131,40	13,42	9,59	402,30	7,13	7,93	67,26	2,33	1,76
IPR103SB	29,86	38,90	123,40	12,68	6,78	410,06	12,03	6,18	53,33	2,31	1,91
IPR99CB	27,25	30,80	125,20	12,27	7,71	563,03	9,81	6,52	78,33	2,15	1,98
IPR99SB	26,15	50,69	127,13	13,45	6,21	401,10	10,92	6,60	71,28	2,12	1,97
CV (%)	14,52	35,91	4,63	10,09	20,74	48,78	49,8	17,77	23,4	11,86	10,89

02/01/2022

IPR103CB	25,06	61,35	131,66	12,34	8,94	263,66	4,50	7,09	69,53	3,19	1,92
IPR103SB	28,88	58,16	145,56	14,19	6,55	409,06	8,81	6,68	61,57	3,24	2,10
IPR99CB	27,73	60,09	144,23	12,79	6,36	282,53	5,55	6,82	71,51	2,91	1,88
IPR99SB	26,13	46,49	151,23	13,79	6,95	369,20	8,81	6,95	81,55	3,36	2,01
CV (%)	18,59	40,92	5,21	16,92	32,97	22,77	59,37	22,34	13,76	6,45	13,17

Letras diferentes indicam que há diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com o test F.