

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

GLEISON OLIOSI

**ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO
SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

**São Mateus - ES
Fevereiro de 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO
SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

GLEISON OLIOSI

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli

**São Mateus - ES
Fevereiro de 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

O46a Olios, Gleison, 1991-
Atributos microbiológicos e químicos do solo sob diferentes
sistemas de manejo / Gleison Olios. – 2017.
74 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Coffea canephora. 2. Seringueira. 3. Brachiaria brizantha.
4. Sistema agroflorestal. 5. Solos. 6. Sustentabilidade. I. Partelli,
Fábio Luiz. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

GLEISON OLIOSI

**ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

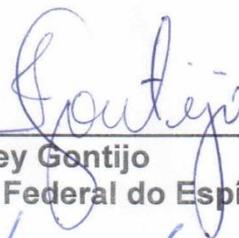
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Ivoney Gentijo
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Henrique Duarte Vieira
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro

À minha família!

Por todo apoio e incentivo recebido, pelo amor incondicional,
educação, ensinamentos e exemplos de vida!

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, fonte de força e alento, e pela presença constante em minha vida.

Aos meus pais Lucas José Olosi e Marlene Rodrigues Olosi, pelo amor, carinho, educação, apoio e incentivo recebido durante toda minha formação, sem os quais não teria chegado até aqui.

Às minhas irmãs, Cristiane Olosi e Flávia Olosi, pelo amor e carinho, e por estarem sempre ao meu lado me apoiando e incentivando.

Ao professor Dr. Fábio Luiz Partelli, pela orientação acadêmica durante a graduação e mestrado, pela amizade, pelos conhecimentos transmitidos, pela confiança e compreensão.

Aos professores, por partilharem seus conhecimentos e experiências de vida e pela amizade.

Aos amigos André Monzoli Covre, Douglas Gomes Viana, João Antonio Dutra Giles e Joice Paraguassú Rodrigues, pela amizade e apoio recebido de sempre.

Aos amigos, Iago Meireles Tigre, Camilo Menegardo e Gustavo Pereira Valani, pela ajuda nas coletas de campo.

Aos amigos do Programa de Pós Graduação em Agricultura Tropical e do curso de Agronomia, pela amizade, pelas conversas, e pelos bons momentos de descontração.

Aos amigos da Fazenda Experimental do CEUNES, Alex Campanharo, Fabrycio Crizostomo Kock e Renan Pereira Fink, pelo incentivo, por compreender a minha ausência quando necessário e pelo apoio em todo o período do curso.

Ao primo Vinício Olosi Favero, pela hospitalidade e apoio na realização das análises microbiológicas no Rio de Janeiro.

Ao tio Jhone Gleison Rodrigues da Silva, por todo apoio e incentivo recebido ao longo do curso.

Aos demais amigos e familiares, pelo apoio e incentivo recebido ao longo de minha formação.

Ao proprietário Fabrício Felisberto Fiorot e Evandro Biancard pela disponibilização da área para a realização do experimento.

À EMBRAPA Agrobiologia pelo suporte na realização das análises microbiológicas de solo.

Aos pesquisadores da EMBRAPA Agrobiologia Dr. Segundo Sacramento Urquiaga Caballero e Dr. Bruno José Rodrigues Alves, pelo apoio na realização e interpretação das análises microbiológicas de solo.

À Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento da pesquisa.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade de realização do curso de mestrado, por todo o suporte e apoio recebido.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Gleison Olios, filho de Lucas José Olios e Marlene Rodrigues Olios, nasceu no dia 22 de outubro de 1991, no município de Nova Venécia, Espírito Santo.

Formou-se em Técnico em Agropecuária em 2009, pela Escola Família Agrícola de Boa Esperança (EFABE).

Em março de 2010 iniciou o curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, onde foi bolsista de iniciação científica sob orientação do Prof. Fábio Luiz Partelli.

Em janeiro de 2015 iniciou no serviço público, atuando como técnico em Agropecuária na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus.

Em fevereiro de 2015 graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Em março de 2015 iniciou o mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, sob orientação do professor Fábio Luiz Partelli.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. CAPÍTULOS	1
1.1 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE CAFEEIRO CONILON SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM SERINGUEIRA E EM MONOCULTIVO	2
Resumo	2
Abstract.....	3
Introdução.....	4
Material e métodos	5
Resultados e discussão	9
Conclusões	23
Referências.....	23
1.2 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE PASTAGEM, SERINGUEIRA E FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA	29
Resumo	29
Abstract.....	30
Introdução.....	31
Material e métodos	32
Resultados e discussão	36
Conclusões	48
Referências.....	49
2. CONCLUSÕES GERAIS	54
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE	62

RESUMO

OLIOSI, Gleison; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2017; **Atributos microbiológicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo**; Orientador: Fábio Luiz Partelli.

A demanda por sistemas sustentáveis de produção tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, de forma que busca-se sistemas de cultivos que possam aliar a produção agropecuária à manutenção da qualidade do solo, garantindo a segurança alimentar e a produtividade dos nossos solos para as futuras gerações. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações dos atributos microbiológicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de cultivo, em diferentes épocas. O experimento foi realizado no município de Jaguaré-ES, onde foram avaliados cinco sistemas de manejo do solo, sendo, 01- café Conilon em monocultivo, 02- café Conilon consorciado com seringueira, 03- seringueira em monocultivo, 04- pastagem de *Brachiaria brizantha*, e 05- fragmento de mata Atlântica. As análises microbiológicas do solo foram realizadas no inverno e verão, e as análises químicas somente no verão, ambas na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Os dados foram submetidos à análise multivariada e análise descritiva das variáveis, com média e erro padrão da média. Os atributos microbiológicos do solo não apresentaram alteração expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas. A adoção de sistemas de manejo com café e seringueira em consórcio ou em monocultivo, e pastagem de *Brachiaria brizantha*, nas condições estudadas, apresentaram pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada a produção agropecuária. Os atributos químicos do solo variam independente dos atributos microbiológicos nos sistemas de manejo avaliados, sendo mais influenciados pelas adubações e correções do solo, de modo que nem sempre a área com melhores atributos químicos apresentarão melhores atributos microbiológicos.

Palavras chave: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, *Brachiaria brizantha*, sistema agroflorestal, qualidade do solo, sustentabilidade.

ABSTRACT

OLIOSI, Gleison; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; February 2017; **Microbiological and chemical attributes of soil under different management systems**; Advisor: Fábio Luiz Partelli.

The demand for sustainable systems of production has increased considerably in recent years, so we are looking for cropping systems that can combine agricultural production with the maintenance of soil quality, ensuring food security and productivity of our soils for future generations. Thus, the objective of this work was to evaluate the changes in microbiological and chemical attributes of soil under different cropping systems, at different seasons. The experiment was conducted in the municipality of Jaguaré-ES, where was evaluated five management systems, 01- Conilon coffee in monoculture, 02- Conilon coffee intercropped with rubber tree, 03- rubber tree in monoculture, 04- pasture of *Brachiaria brizantha*, and 05- fragment of Atlantic forest. The microbiological soil analyzes were carried out in winter and summer, and the chemical analysis only in the summer, both on the depth of 0-10 and 10-20 cm. The data were submitted to multivariate analysis and descriptive analysis of the variables, with average and average standard error. The microbiological attributes of the soil did not present an expressive change in the seasons evaluated, evidencing that the frequent occurrence of higher values in the summer is associated to the high precipitations coupled with the high temperatures. The adoption of management systems with coffee and rubber trees in intercropping or monoculture, and pasture of *Brachiaria brizantha*, under the conditions studied, presented little alteration in the microbiological attributes of the soil, showing up as viable alternatives to promote soil sustainability, combined with agricultural production. The chemical attributes of the soil vary independently of the microbiological attributes in the evaluated management systems, being more influenced by the fertilization and corrections of the soil, so that not always the area with better chemical attributes will present better microbiological attributes.

Key words: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, *Brachiaria brizantha*, agroforestry system, soil quality, sustainability.

1. CAPÍTULOS

1.1 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE CAFEIRO CONILON SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM SERINGUEIRA E EM MONOCULTIVO

Resumo

O cultivo de *Coffea* sp., utilizando o manejo convencional, ocorre na maioria das áreas cafeeiras do Brasil, entretanto, frequentemente, observa-se a perda de fertilidade destes solos, com conseqüente degradação do solo. Deste modo, objetivou-se avaliar as alterações dos atributos microbiológicos e químicos do solo em área de cafeeiro Conilon e seringueira em consórcio e em monocultivo, em diferentes épocas. O experimento foi realizado em Jaguaré, Espírito Santo, Brasil, onde foram avaliados três sistemas de manejo do solo, sendo, 01- café Conilon em monocultivo, 02- café Conilon consorciado com seringueira, e 03- seringueira. As análises microbiológicas do solo foram realizadas no inverno e verão, e as análises químicas somente no verão, ambas na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Os dados foram submetidos à análise multivariada e análise descritiva das variáveis. Os atributos microbiológicos do solo não apresentaram alteração expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas. A adoção de sistemas de manejo com café e seringueira em consórcio ou em monocultivo, nas condições estudadas, apresentaram pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo em relação à área de seringueira, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada à produção agropecuária. Do ponto

de vista químico, o sistema de produção de café em monocultivo apresentou maiores níveis de fósforo, potássio, sódio, zinco e boro no solo, em função da maior reposição por meio das adubações.

Palavras chave: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, consórcio, qualidade do solo, sustentabilidade.

Abstract

The cultivation of *Coffea* sp., using conventional management, occurs in most coffee areas of Brazil, however, frequently it is observed the loss of fertility of these areas, with consequent soil degradation. Thus, the objective of this work was to evaluate the changes in microbiological and chemical attributes of soil in area of Conilon coffee and rubber tree in intercropping and monoculture, in different seasons. The experiment was conducted at Jaguaré, Espírito Santo, Brasil, where was evaluated three management systems, 01- Conilon coffee in monoculture, 02- Conilon coffee intercropped with rubber tree, and 03- rubber tree. The microbiological soil analyzes were carried out in winter and summer, and the chemical analysis only in the summer, both on the depth of 0-10 and 10-20 cm. The data were submitted to multivariate analysis and descriptive analysis of the variables. The microbiological attributes of the soil did not present an expressive change in the seasons evaluated, evidencing that the frequent occurrence of higher values in the summer is associated to the high precipitations coupled with the high temperatures. The adoption of management systems with coffee and rubber trees in intercropping or monoculture, under the conditions studied, presented little alteration in the microbiological attributes of the soil in relation to the area of rubber tree, showing up as viable alternatives to promote soil sustainability, combined with agricultural production. From the chemical point of view, the production system of monoculture coffee presented higher levels of phosphorus, potassium, sodium, zinc and boron in the soil, due to the higher restitution through fertilization.

Key words: *Coffea canephora*, *Hevea brasiliensis*, intercropping, soil quality, sustainability.

Introdução

O gênero *Coffea* compreende pelo menos 124 espécies (DAVIS et al., 2011), das quais *Coffea arabica* Linnaeus e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner são as mais relevantes em termos econômicos. O Brasil destaca-se a nível mundial como o maior produtor e exportador de café (ICO, 2017), com produção de 51,37 milhões de sacas beneficiadas em 2016 (CONAB, 2017). A seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) destaca-se como principal fonte de borracha natural, utilizada na fabricação de diversos produtos sendo a indústria de pneus seu uso mais popular. No Brasil o crescimento encontra-se em plena expansão, uma vez que o País importa o produto e apresenta terras próprias para o cultivo.

O cultivo de *Coffea* sp., utilizando o manejo convencional, ocorre na maioria das áreas cafeeiras do Brasil, contudo, atualmente discute-se sobre formas de cultivo mais sustentáveis que cumpram o objetivo de produção sem comprometer a qualidade dos nossos solos para as futuras gerações. Além disso, em estudo sobre o perfil da produção global de café Arábica e Robusta frente às mudanças climáticas, foi constatado que o aumento das temperaturas pode implicar em redução das áreas aptas à produção de café (BUNN et al., 2015), pois afeta de forma danosa o metabolismo da planta (COVRE et al., 2016; MARTINS et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016).

Neste contexto, o cultivo do cafeeiro em sistemas agroflorestais (SAFs) surge como alternativa promissora, pois estes sistemas quando bem planejados garantem a produção de alimentos de forma mais sustentável, proporcionando melhoria da fertilidade do solo, aumento nos estoques de carbono orgânico, maior porosidade, menor compactação, aumento da biodiversidade e diversificação da renda do produtor rural (CARVALHO et al., 2004; LIMA et al., 2011), além de proporcionar condições microclimáticas mais amenas para o cultivo (PEZZOPANE et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2011; PARTELLI et al., 2014; ARAÚJO et al., 2016; OLIOSI et al., 2016).

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, na medida em que seu uso e mobilização intensiva podem resultar na diminuição de sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004). Desse modo, diversos trabalhos vêm sendo realizados buscando avaliar a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo, utilizando atributos químicos e

microbiológicos (PARTELLI et al., 2012; NOTARO et al., 2014; LAMMEL et al., 2015; ZAKE et al., 2015; PRADO et al., 2016; FERREIRA et al., 2017).

A biomassa microbiana funciona como compartimento reserva de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre no solo, elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal e como catalisador na decomposição da matéria orgânica (SOUZA et al., 2010). Esta pode ser avaliada pelos principais atributos microbiológicos do solo, como carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico, fornecendo índices que permitem avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo, bem como sua qualidade (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

A estrutura e a composição dos Sistemas Agroflorestais proporcionam maior distribuição dos nutrientes do solo ao longo do perfil devido à estratificação das espécies e enraizamentos diferenciados (IWATA et al., 2012). Ainda de acordo com Lima et al. (2011), os SAFs também proporcionam melhoria das características químicas do solo, bem como, aumento nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, ressaltando a eficiência do manejo agroflorestal para a melhoria da qualidade do solo.

Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações dos atributos microbiológicos e químicos do solo em área de cafeeiro Conilon e seringueira em consórcio e em monocultivo, em diferentes épocas.

Material e métodos

O experimento foi realizado em uma propriedade particular situada no município de Jaguaré, Espírito Santo, Brasil (18°56'S, 39°59'O), em altitude de 50 m e relevo plano. O solo foi caracterizado como Latossolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2013), e o clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013). No período de realização do experimento, o verão de 2016 apresentou precipitações abaixo da média histórica (Figura 1). A estação meteorológica estava localizada a 31,5 km de distância da área experimental.

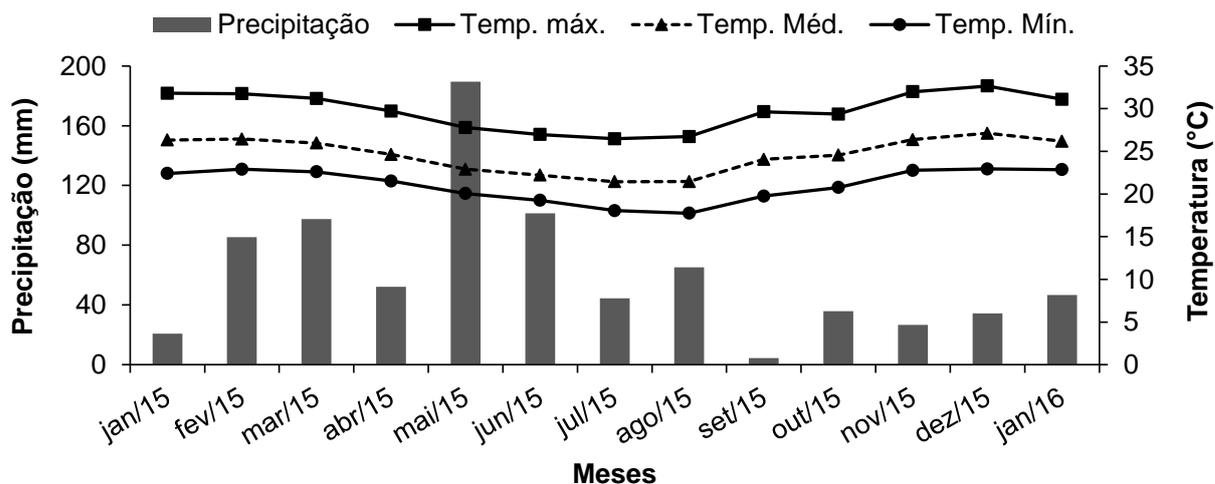


Figura 1. Precipitação total e valores médios das temperaturas máxima, média e mínima do ar registrada na estação meteorológica de São Mateus-ES, no período de 01 de janeiro de 2015 a 11 de janeiro de 2016.

Foram avaliados três sistemas de manejo do solo, sendo, 1: área de café Conilon em monocultivo (C); 2: área de café Conilon em consórcio com seringueira (CS); e, 3: área de seringueira em monocultivo (S). As três áreas avaliadas apresentavam mesmo tipo de solo e topografia, estando situadas próximas umas das outras, com distância aproximada de 200 m entre si.

O café Conilon em monocultivo (C) foi implantado em 2006, no espaçamento de 2,6 x 1,3 m. Antes do plantio a área foi ocupada por outra lavoura de café por 25 anos. O preparo do solo foi realizado com uma aração, duas gradagens e uma grade niveladora, seguido pelo pela marcação e preparo das linhas de plantio por meio de sulcador. Na entrelinha do cafeeiro foi implantada também uma lavoura de maracujá, que foi conduzida por aproximadamente três anos, sendo os restos culturais do maracujá triturados e deixados na entrelinha do cafeeiro como cobertura morta. A análise de solo era realizada uma vez por ano, sendo as adubações e calagem realizadas de acordo com os resultados da análise de solo. O controle de plantas daninhas era realizado por meio de roçadeira costal, sendo utilizado herbicida no período chuvoso, e o sistema de irrigação utilizado foi por aspersão. Todo ano após a poda do cafeeiro os galhos e ramos eram triturados e deixados nas entrelinhas, atuando como cobertura morta.

A área de café consorciado com seringueira (CS) apresentava a mesma idade e espaçamento da área em monocultivo. A seringueira foi implantada em 2007, um ano após o plantio do café, no espaçamento de 7,8 x 2,3 m, de modo que

entre as linhas de seringueira havia duas linhas de café. Antes do plantio a área foi ocupada por uma lavoura de café por 25 anos. O preparo do solo foi realizado com uma aração, duas gradagens e uma grade niveladora, seguido pelo pela marcação e preparo das linhas de plantio por meio de sulcador. A análise de solo era realizada uma vez por ano, sendo as adubações e calagem realizadas somente no cafeeiro, contudo, nos últimos anos, em função da lavoura estar sob sombreamento excessivo promovido pela seringueira, o produtor irá conduzir somente a seringueira, de modo que as adubações não estão sendo frequentes. Não foram utilizadas fontes de adubo orgânicas nessa área, e o controle de plantas daninhas era realizado por meio de roçadeira costal e herbicida. O sistema de irrigação utilizado na área era por aspersão.

A área de seringueira em monocultivo (S) foi implantada em 1982, encontrando-se em plena produção com 33 anos de idade, na ocasião das coletas de solo. O espaçamento utilizado foi de 7,8 x 2,3 m. Antes do plantio da seringueira a área era ocupada por vegetação nativa. O preparo do solo foi realizado com uma aração, duas gradagens e uma grade niveladora, e o coveamento foi realizado por meio de enxadão. A análise de solo era realizada a cada dois anos, e o calcário distribuído a lanço em superfície conforme a interpretação da análise de solo. A área foi adubada somente no plantio e durante a formação da seringueira, sendo adubada novamente em 2014 com palha de café. O controle de plantas daninhas era realizado por meio de roçadas a cada três meses, e com glifosato uma vez por ano no período chuvoso. A área não possui sistema de irrigação. Por ser uma árvore caducifólia, a seringueira apresenta queda de folhas total no inverno, iniciando a queda natural em maio/junho, com novo enfolhamento em agosto, promovendo intensa deposição de serrapilheira nesse período.

Os sistemas de manejo avaliados foram divididos em quatro talhões cada, representando quatro repetições. As coletas de solo foram realizadas com trado tipo sonda no dia 13/07/2015 (inverno) e 11/01/2016 (verão), coletadas na projeção da copa do cafeeiro a 0,5 m do tronco no sentido da entrelinha, e na projeção da copa da seringueira a 1 m do tronco no sentido da entrelinha, nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. As análises microbiológicas do solo foram realizadas em duas épocas (inverno e verão), em função da sensibilidade destes atributos às condições climáticas, e as análises químicas foram realizadas somente no verão. Realizou-se também a caracterização granulométrica das áreas avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Características granulométricas do solo nos sistemas de manejo avaliados. Jaguaré-ES.

Áreas avaliadas	Areia (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})
	(2 a 0,05 mm)	(0,05 a 0,002 mm)	(< 0,002 mm)
C-P1	872	43	85
C-P2	893	37	70
CS-P1	814	51	135
CS-P2	825	60	115
S-P1	893	43	64
S-P2	876	44	80

Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, e depois do traço à profundidade do solo. C: café em monocultivo; CS: café consorciado com seringueira; S: seringueira. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

Uma sub-amostra de solo foi retirada para análise química e encaminhada a um laboratório credenciado, sendo realizada conforme Silva (1999): pH em água; P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl; H+Al por meio do extrator SMP; B extraído por água quente; S pelo extrator fosfato monocálcio em ácido acético; e, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) por oxidação úmida.

Outra subamostra do solo foi usada para as análises de respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), sendo estas coletadas com umidade próxima à capacidade de campo, acondicionada em sacos plásticos, protegida da luz e mantida em caixas térmicas sob refrigeração, sendo transportadas para o laboratório no prazo de até 24 horas após a coleta. Posteriormente, as amostras foram peneiradas em malhas com 2 mm, sendo acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração a 4°C. Após o processamento das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório de ciclagem de nutrientes da Embrapa Agrobiologia, localizada em Seropédica-RJ. As análises foram realizadas em duplicata.

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de acordo com Jenkinson e Powlson (1976) e o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) de acordo com os procedimentos descritos por Anderson e Domsch (1990). O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987), utilizando um fator de correção (k_c) de 0,33 recomendado por Sparling e West (1988). O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado pelo

método de fumigação-extração, utilizando um fator de correção (k_N) de 0,54, de acordo com Brookes et al. (1985). O quociente microbiano foi obtido pela relação entre o CBM e o COT (SPARLING, 1992).

Os dados foram submetidos à análise multivariada, estimando a distância entre sistemas utilizando-se a distância de Mahalanobis (D^2), e em seguida, procedeu-se o agrupamento hierárquico pelo método *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages* (UPGMA). De forma complementar, foi estimada a contribuição relativa dos caracteres pelo método de Singh (1981). Utilizou-se o programa computacional Genes para a realização das análises (CRUZ, 2013). Realizou-se também a análise descritiva das variáveis por meio da estimativa da média e erro padrão da média.

Os dados microbiológicos médios de todas as épocas e profundidades avaliadas foram transformados em porcentagens, considerando os dados da área cultivada com seringueira como 100%, e processados em um gráfico tipo radar no excel, com seis variáveis para o cálculo do índice de qualidade do solo (IQS), conforme realizado por Nunes et al. (2009).

Resultados e discussão

Na análise por agrupamento UPGMA dos atributos microbiológicos do solo (Figura 2), observou-se a formação de três grupos, a 50% de dissimilaridade. O primeiro agrupamento foi composto por todos os manejos avaliados no verão, além das áreas de café em monocultivo e em consórcio com seringueira na profundidade de 10 a 20 cm no inverno. O segundo agrupamento foi formado pelos três manejos (C, CS e S) avaliados no inverno na profundidade de 0 a 10 cm. Já o terceiro, foi formado apenas pela área de seringueira na profundidade de 10 a 20 cm.

Nota-se que os três sistemas de manejo avaliados (C, CS e S) no inverno, na profundidade de 0 a 10 cm formaram um grupo (Figura 2), indicando similaridade entre as áreas nessa época e profundidade. Estes resultados evidenciam a manutenção da qualidade do solo na área de café em monocultivo, apresentando atributos do solo semelhantes ao sistema agroflorestal e à área de seringueira conduzida há 33 anos.

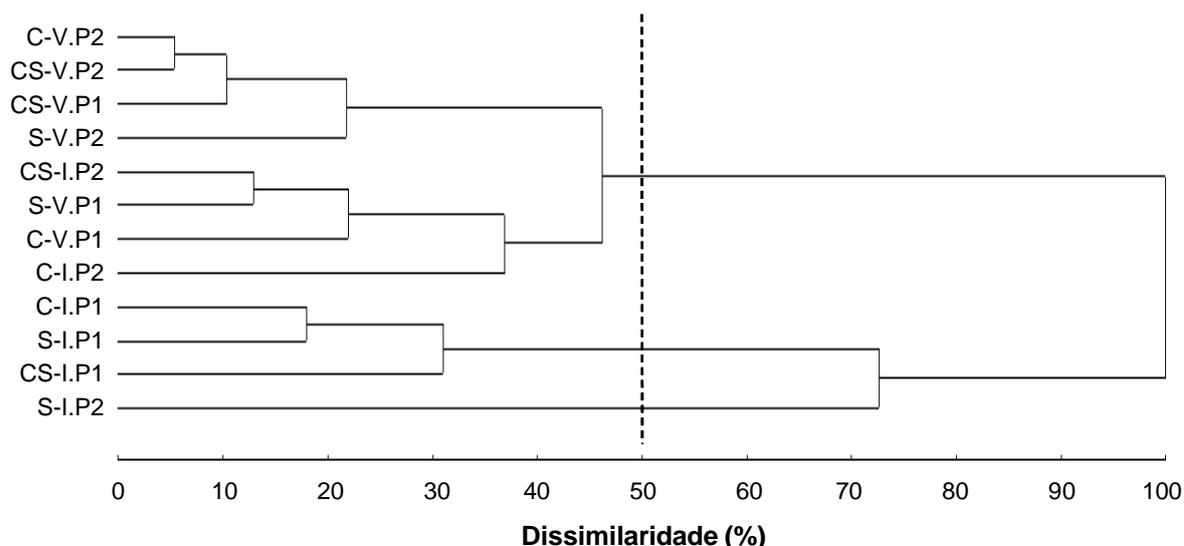


Figura 2. Dissimilaridade entre os sistemas de manejo, obtida pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando-se a distância de Mahalanobis, com base nos atributos microbiológicos do solo. Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, depois do traço à época de amostragem, e por fim, à profundidade do solo. C: café em monocultivo; CS: café consorciado com seringueira; S: seringueira. I: inverno; V: verão. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

Considerando a profundidade efetiva de 0 a 20 cm (Figura 3), a análise por agrupamento UPGMA dos atributos microbiológicos do solo formou três grupos a 30% de dissimilaridade. O primeiro agrupamento foi formado pelos três sistemas de manejo no verão, evidenciando similaridade entre os sistemas de manejo nessa estação. O segundo agrupamento foi composto pelas áreas de café em monocultivo e em consórcio com seringueira avaliadas no inverno. Já o terceiro agrupamento foi formado apenas pela área de seringueira no inverno.

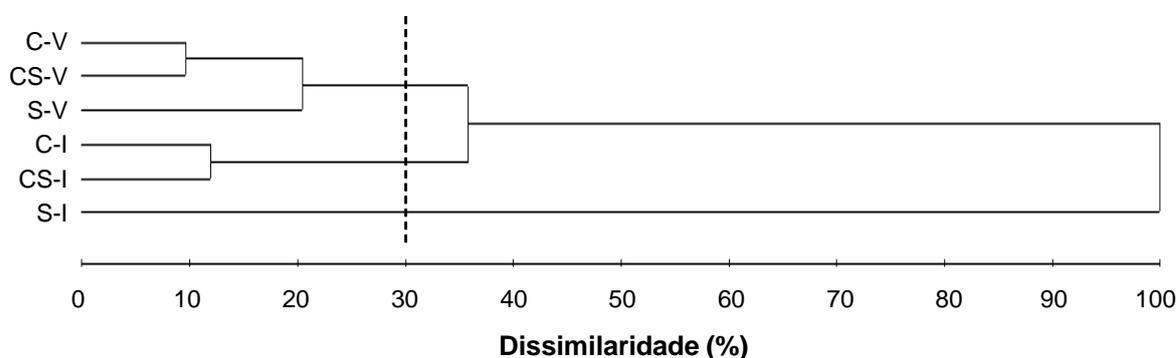


Figura 3. Dissimilaridade entre os sistemas de manejo, obtida pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando-se a distância de Mahalanobis, com base nos atributos microbiológicos do solo considerando a profundidade de 0 a 20 cm. Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, e depois do traço à época de amostragem. C: café em monocultivo; CS: café consorciado com seringueira; S: seringueira. I: inverno; e V: verão.

Com base no agrupamento realizado considerando a profundidade de 0 a 20 cm, verifica-se a proximidade entre os sistemas de manejo de café em monocultivo e em consórcio com seringueira em ambas as estações, indicando similaridade entre as áreas. Isso ocorre em função da área de café em monocultivo ser manejada com algumas técnicas que promovem a conservação do solo, como por exemplo, manejo das plantas daninhas por meio de roçadora na maior parte do ano, trituração dos galhos e ramos após a poda do cafeeiro e manutenção dos mesmos nas entrelinhas, além da trituração dos resíduos culturais deixados pelo cultivo de maracujá em consórcio na fase inicial do cafeeiro. Todas estas práticas contribuíram na formação de cobertura do solo, com conseqüente aporte de matéria orgânica e melhoria da qualidade do solo.

A área de seringueira distanciou-se das demais áreas no inverno (Figuras 2 e 3). Esta área apresentava 33 anos de cultivo, de modo a promover melhores condições microbiológicas do solo, em função da deposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes ao longo dos anos. Além disso, a seringueira é uma árvore caducifólia, apresentando queda total de folhas no inverno, promovendo intensa cobertura vegetal do solo e aporte de matéria orgânica nessa estação, o que possivelmente contribuiu para o distanciamento das demais áreas no inverno.

Nota-se que os sistemas de manejo avaliados no verão agruparam-se em um único grupo (Figura 3), indicando similaridade entre as áreas avaliadas nessa época. Essa semelhança nos atributos microbiológicos do solo entre as áreas no verão, provavelmente ocorre em função das baixas precipitações ocorridas nesse período (Figura 1), atuando como um fator de estresse e diminuindo a expressividade da biomassa microbiana do solo.

A relação entre carbono orgânico total e o nitrogênio total (COT/NT), o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e o quociente microbiano (q_{MIC}) foram os atributos microbiológicos que mais contribuíram no agrupamento (Tabela 2), com contribuição relativa de 27,28, 20,79 e 18,14%, respectivamente, representando 66,2% de contribuição no agrupamento.

Tabela 2. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade pelo método de Singh (1981), com base nos atributos microbiológicos do solo.

Variável	Contribuição Relativa (%)	% Acumulada
COT/NT	27,28	27,28
NBM	20,79	48,08
qMIC	18,14	66,22
qCO ₂	12,15	78,37
COT	9,02	87,39
RBS	5,48	92,87
NT	4,69	97,56
CBM	2,44	100,00

Relação entre carbono orgânico total e nitrogênio total (COT/NT), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), quociente microbiano (qMIC), quociente metabólico (qCO₂), carbono orgânico total (COT), respiração basal do solo (RBS), nitrogênio total (NT), e carbono da biomassa microbiana (CBM).

A respiração basal do solo (RBS) foi influenciada pelos sistemas de manejo, pelas épocas e profundidades avaliadas (Figura 4A). De modo geral, a RBS foi maior no verão, sendo este fato comumente observado em outros trabalhos científicos (NUNES et al., 2009; LOURENTE et al., 2011; EVANGELISTA et al., 2013; DINIZ et al., 2014), e geralmente atribuído às maiores precipitações e temperaturas observadas nessa época (ESPÍNDULA et al., 2001). Contudo, verificou-se nesse trabalho aumento de 27,25% na RBS no verão, comparada ao inverno, enquanto em trabalho realizado por Nunes et al. (2009) e Evangelista et al. (2013), verificou-se aumento de 170 e 117%, respectivamente, na RBS avaliada no período chuvoso, comparada ao período seco.

Souza et al. (2010) atribuem a menor RBS no inverno às temperaturas mais baixas, que resultaram na redução da atividade da biomassa microbiana em razão da menor atividade fisiológica da planta e, conseqüentemente, menor quantidade de exsudatos radiculares (CHEN et al., 2006), fonte de carbono prontamente mineralizável para a biomassa microbiana do solo. No presente estudo, as altas temperaturas observadas no verão não promoveram aumento significativo na atividade microbiana, provavelmente em função das baixas precipitações neste período (Figura 1).

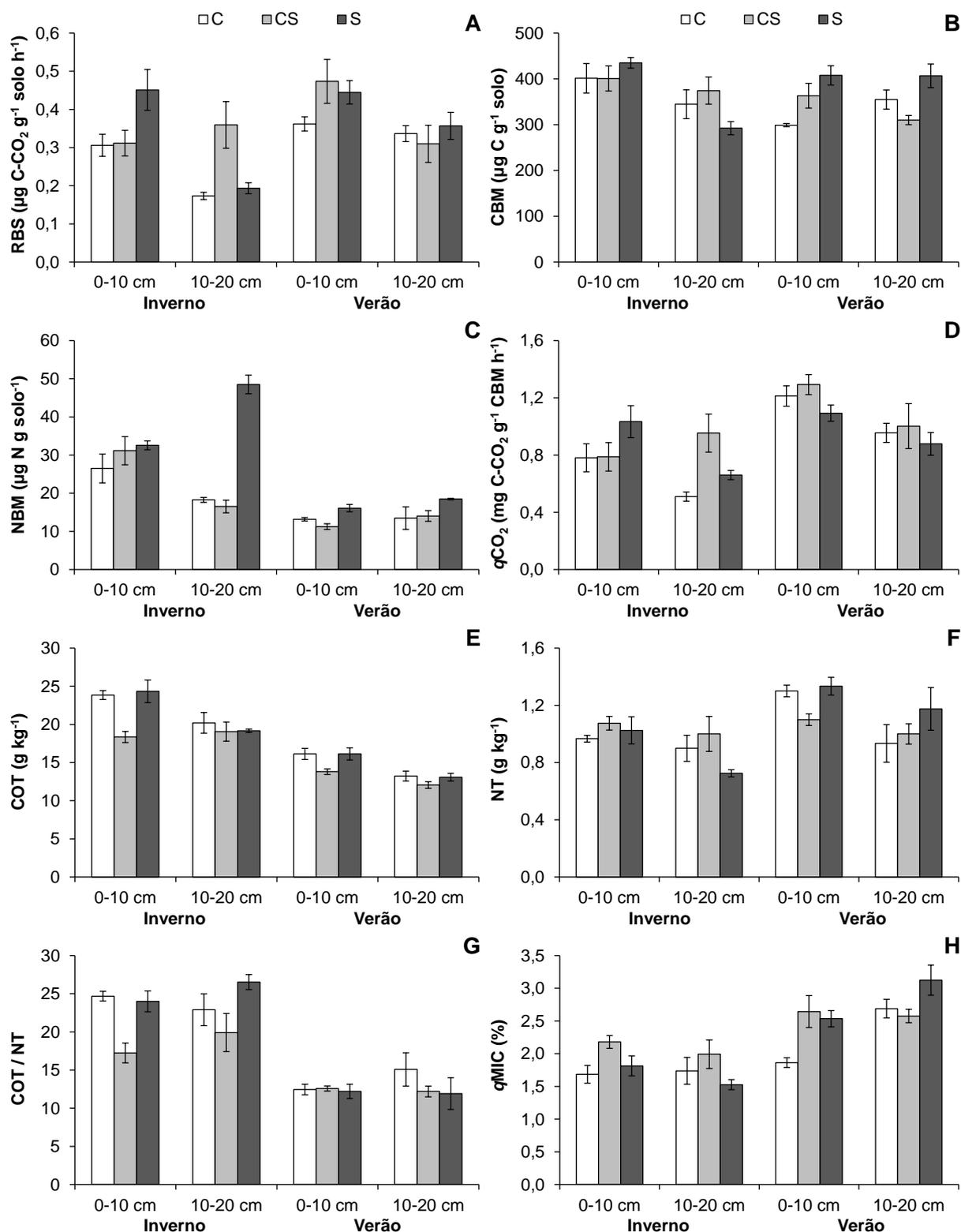


Figura 4. Atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm em duas épocas do ano (inverno e verão), em lavoura de café em monocultivo (C), café consorciado com seringueira (CS), e seringueira (S), onde, respiração basal do solo - RBS (A), carbono da biomassa microbiana - CBM (B), nitrogênio da biomassa microbiana - NBM (C), quociente metabólico - qCO_2 (D), carbono orgânico total - COT (E), nitrogênio total - NT (F), relação entre COT e NT - COT/NT (G), e quociente microbiano - $qMIC$ (H). Jaguaré-ES.

Estes resultados evidenciam que a ocorrência de maiores valores para a RBS no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas, visto que no presente trabalho, o mês de janeiro (verão) foi caracterizado como um período atípico, com baixos volumes de precipitação (Figura 1), registrando-se uma precipitação acumulada de apenas 135 mm nos 90 dias anteriores à coleta de verão, enquanto no mesmo intervalo anterior à coleta de inverno houve precipitação de 322,4 mm, de modo que tanto a maior precipitação no inverno, como a maior temperatura ocorrida no verão não foram capazes de promover aumento expressivo na RBS, pois segundo Espíndula et al. (2001), a respiração do solo varia de acordo com a temperatura do ar e a taxa de precipitação pluviométrica.

Supõe-se que a menor disponibilidade de água no solo no verão pode ter atuado como um fator de estresse, limitando a biomassa microbiana, conforme observado pelos maiores valores de quociente metabólico (qCO_2) nessa estação (Figura 4D), pois de acordo com Bardgett e Saggart (1994), valores elevados de qCO_2 são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio.

A respiração basal do solo no sistema de cultivo com seringueira foi 46% superior à área de café em monocultivo e em consórcio no inverno na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 4A). Já na profundidade de 10 a 20 cm no inverno, a área de café em consórcio foi superior às demais áreas. No verão, verificou-se maior RBS nas áreas de café em consórcio e seringueira na profundidade de 0 a 10 cm, apresentando taxas de 30,8 e 22,9% superior à área de café em monocultivo. Elevada taxa respiratória indica alta atividade biológica, podendo ser uma condição desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis às plantas (BATISTA et al., 2009). Em trabalho realizado por Nunes et al. (2009), também foi verificado menores taxas de RBS nas áreas de café em monocultivo, comparado às áreas de vegetação natural.

A biomassa microbiana do solo é a parte viva da matéria orgânica, responsável pelos processos bioquímicos e biológicos no solo, sendo sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo ambiente (BALOTA et al., 2003), constituindo-se, por este motivo, um sensível indicador da qualidade do solo, de modo que qualquer estresse no sistema afetará a densidade, diversidade e a atividade das populações microbianas do solo (PANKHURST e LYNCH, 1994). Deste modo, sistemas de manejo convencionais, sem uso de técnicas de

conservação do solo, geralmente apresentam menor atividade microbiana (NUNES et al., 2009; PARTELLI et al., 2012; EVANGELISTA et al., 2013).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) não apresentou diferença expressiva entre as épocas avaliadas (Figura 4B). Geralmente maiores valores de CBM ocorrem no verão (período chuvoso) (NUNES et al., 2009; LOURENTE et al., 2011; PARTELLI et al., 2012; EVANGELISTA et al., 2013), pois de acordo com Espíndula et al. (2001), a elevação concomitante da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica promove condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo. No entanto, no presente trabalho, como o verão foi atípico, com baixas precipitações (Figura 1), a menor disponibilidade de água no solo pode ter afetado a biomassa microbiana.

Durante o período seco parte da biomassa microbiana morre, e com a retomada das chuvas e aumento da umidade do solo, a biomassa sobrevivente utiliza matéria orgânica acumulada no período, havendo desta forma maior atividade microbiana durante o período chuvoso (PIAO et al., 2000). Deste modo, como no presente trabalho as maiores taxas de precipitação pluviométrica no inverno foram associadas às temperaturas mais amenas, a CBM não foi alterada, assim como as altas temperaturas no verão foram associadas às baixas precipitações, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores para o CBM no período chuvoso está associada às altas temperaturas.

No verão, na profundidade de 0 a 10 cm os níveis de CBM na área de café em monocultivo foi 17,7 e 26,7% inferior à área de café em consórcio e área com seringueira, respectivamente, evidenciando menor atividade microbiana. Em trabalho realizado por Nunes et al. (2009) com café arábica, também foi verificado menores teores de CBM nas áreas de café em monocultivo, comparados às áreas de vegetação natural avaliadas.

Os níveis médios de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) no inverno foram 100,6% superiores ao observado no verão (Figura 4C), provavelmente em função do maior aporte de matéria orgânica proveniente da queda de folhas ocorrida em maio/junho, associado às baixas precipitações ocorridas no verão (Figura 1). Espíndula et al. (2001) também atribuem os maiores teores de NBM observados em solo coberto com *Paspalum notatum* à grande quantidade de fitomassa produzida, evidenciando sua eficiência como planta de cobertura do solo.

No inverno, na profundidade de 10 a 20 cm a área de seringueira apresentou valores de NBM superiores às demais áreas (Figura 4C), podendo ser atribuída à intensa deposição de serrapilheira no inverno, por ser uma árvore caducifólia, promovendo incremento de matéria orgânica ao solo e ciclagem de nutrientes. No verão, os diferentes sistemas de manejo avaliados apresentaram níveis de NBM similares, evidenciando a proximidade dos sistemas de manejo avaliados quanto aos parâmetros microbiológicos.

No inverno, maiores valores de quociente metabólico (qCO_2) foram observados na área de seringueira na profundidade de 0 a 10 cm e na área de café com seringueira na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 4D). Maiores valores de quociente metabólico indicam condições de estresse mais elevados e uma maior perda de CO_2 por unidade de biomassa microbiana nos sistemas. No entanto, no presente estudo, o maior fornecimento de MO ocasionado pela queda total de folhas da seringueira no inverno, pode ter favorecido uma população maior de bactérias, que ataca rapidamente o substrato orgânico e acelera o processo de oxidação biológica (ZIBILSKE et al., 2002), conforme observado pela maior respiração basal nessas áreas (Figura 4A). Resultados semelhantes foram observados por Notaro et al. (2014), que observaram maiores valores de qCO_2 em área de vegetação natural e sistemas conservacionistas, comparados a uma área de café em monocultivo.

No verão, os níveis de qCO_2 foram similares entre os sistemas de manejo avaliados (Figura 4D). De acordo com Bardgett e Saggar (1994), valores elevados de qCO_2 são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio. Desse modo, a ocorrência de níveis similares de quociente metabólico observada evidencia a qualidade do solo nos sistemas de cultivo avaliados, aproximando aos índices encontrados na área cultivada com seringueira.

Os teores de carbono orgânico total (COT) apresentaram tendência de maiores valores na profundidade de 0-10 cm em relação à profundidade de 10-20 cm (Figura 4E). Essa estratificação tem sido comum em áreas não revolvidas frequentemente, assim como observado por Nunes et al. (2011), e ocorre em função da deposição superficial de resíduos vegetais, e também pelo maior desenvolvimento radicular em camadas superficiais, possibilitando o incremento de matéria orgânica em superfície.

Os níveis de COT do solo na área de café em monocultivo não apresentaram alterações significativas em relação à área de seringueira (Figura 4E),

alcançando valores até mesmo superiores à área de café consorciado com seringueira na profundidade de 0 a 10 cm em ambas estações avaliadas. Segundo Siqueira Neto et al. (2009), sistemas de manejo capazes de manter ou incrementar as frações de carbono orgânico no solo contribuem para a manutenção da capacidade produtiva e para a mitigação do incremento do CO₂ atmosférico. Altos estoques de carbono orgânico não só mantêm a qualidade do solo e a produtividade local, mas constituem também um armazenamento permanente de carbono maior do que na biomassa (NEGASH e STARR, 2015).

De modo geral, a quantidade de nitrogênio total (NT) do solo apresentou pouca alteração em função dos diferentes tipos de manejo avaliados (Figura 4F). Maiores teores de NT em sistemas agroflorestais foram encontradas por Lima et al. (2011) e Zaque et al. (2015), ressaltando a eficiência do manejo agroflorestal para a melhoria da qualidade do solo. Contudo, ressalta-se que no presente trabalho, a menor expressividade nesse sistema ocorre em função das práticas de conservação do solo utilizadas na área de café em monocultivo. Além disso, os sistemas de manejo avaliados são perenes, de modo que desde o plantio o solo não tem sido revolvido, havendo deposição significativa de restos culturais na superfície ao longo dos anos, contribuindo para o incremento de matéria orgânica e consequente aumento nos estoques de nitrogênio total no solo. Beare et al. (1994) reforçam que a magnitude das alterações do nitrogênio no solo depende da intensidade do manejo, do tipo e frequência dos implementos, da qualidade e quantidade dos fertilizantes e resíduos orgânicos que retornam ao solo.

A relação COT/NT não apresentou diferença expressiva entre os sistemas de manejo no verão, variando de 11,9 a 15,1/1 (Figura 4G). De acordo com Stevenson (1994), para solos de regiões tropicais não revolvidos existe equilíbrio na relação COT/NT em torno de 10 a 15/1. Desse modo, as relações observadas encontram-se em equilíbrio, promovendo boas condições para a biomassa microbiana do solo.

Nota-se uma tendência de maior quociente microbiano (q_{MIC}) na área de café em consórcio com seringueira no inverno (Figura 4H). O quociente microbiano (q_{MIC}) é um indicador de qualidade do solo, no qual maiores valores evidenciam maior eficiência da comunidade microbiana em utilizar o carbono e o nitrogênio da matéria orgânica mineralizável (BALOTA et al., 1998; MALUCHE-BARETTA et al., 2007). No verão, observa-se menor q_{MIC} na área de café em monocultivo na

profundidade de 0 a 10 cm, corroborando com Nunes et al. (2009), que também verificaram valores inferiores de $qMIC$ em área de café em monocultivo, comparado à área de vegetação natural.

O quociente microbiano, em condições normais, varia de 1 a 4% e valores inferiores a 1% podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (JAKELAITIS et al. 2008). Desse modo, todos os sistemas de manejo avaliados apresentam condição satisfatória à biomassa microbiana do solo, com $qMIC$ variando de 1,5 a 3,1% (Figura 4H).

O maior índice de qualidade do solo (IQS) foi encontrado na área cultivada com seringueira, sendo considerado como 100% para comparação com as demais áreas, apresentando IQS igual a 1, seguido pela área de café consorciado com seringueira com 0,91, e café em monocultivo com 0,87 (Figura 5).

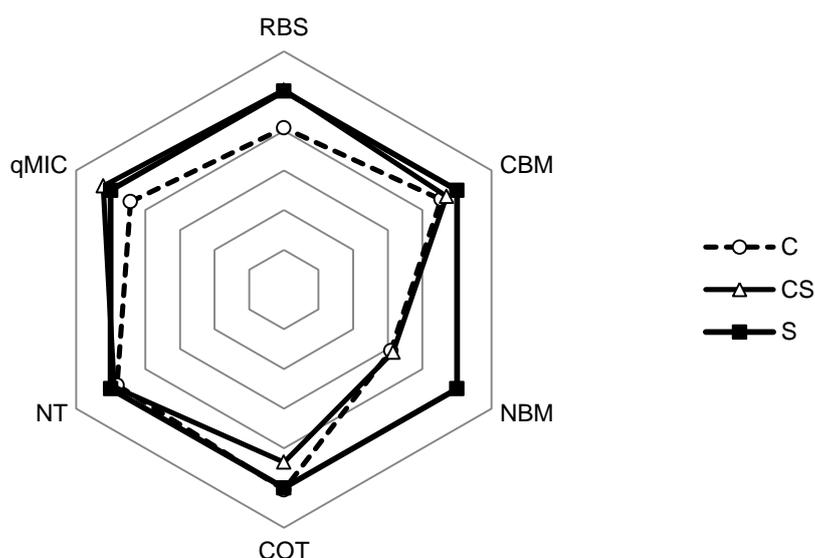


Figura 5. Índice de qualidade do solo em lavoura de café em monocultivo (C), café consorciado com seringueira (CS), e seringueira (S), onde, respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), e quociente microbiano ($qMIC$). Jaguaré-ES.

O maior IQS encontrado na área cultivada com seringueira (Figura 5) está associado a constante deposição de folhas ao solo, por ser uma árvore caducifólia, o que possibilitou ao longo dos 33 anos de cultivo, na melhoria dos atributos microbiológicos do solo. Em trabalho realizado por Nunes et al. (2009), foi verificado maiores índices de qualidade do solo nas área sob fragmento florestal, comparadas

às áreas de café em monocultivo, tendo os autores associado o menor IQS à perda de matéria orgânica nas áreas de café.

Nota-se que a área de café em sistema agroflorestal com seringueira (CS) apresentou IQS superior à área de café em monocultivo (Figura 5), o que pode estar associado à deposição de serrapilheira promovida pela seringueira, promovendo a melhoria dos atributos microbiológicos do solo. Os sistemas agroflorestais aumentam a qualidade do solo por meio da conservação da matéria orgânica e podem ser considerados como excelente estratégia para a garantia da sustentabilidade do solo (LEITE et al., 2014), promovendo assim uma produção agrícola mais sustentável e que garanta maior qualidade de vida ao produtor rural. Souza et al. (2012) ainda reforçam que sistemas agroflorestais com café oferecem uma estratégia promissora, dada a contribuição para a conservação da biodiversidade e sua capacidade de se adaptar às futuras mudanças climáticas.

Apesar da área de café em monocultivo ter apresentado o menor IQS, nota-se que esta área apresentou médias de CBM, COT e NT semelhantes à área de seringueira (Figura 5), de modo que a diferença no IQS entre as áreas avaliadas não foi tão expressiva como a observada em trabalho de Nunes et al. (2009), que encontraram IQS de 0,47 em área de café em monocultivo, comparado a área de vegetação nativa. Isso ocorre em função da utilização de práticas de conservação do solo ao longo dos 10 anos de cultivo do cafeeiro, conforme descrito anteriormente, contribuindo na formação de cobertura do solo e no aporte de matéria orgânica, evidenciando assim a possibilidade de aliar a produção agrícola à conservação do solo.

Na análise por agrupamento UPGMA dos atributos químicos do solo (Figura 6), observou-se a formação de três grupos, a 30% de dissimilaridade. Nota-se que os três sistemas de manejo avaliados (C, CS e S) na profundidade de 10 a 20 cm formaram um grupo, indicando similaridade entre as áreas nessa profundidade. Contudo, na profundidade de 0 a 10 cm, houve a formação de dois grupos, sendo um composto pelas áreas de seringueira e café consorciado com seringueira, e outro grupo formado pela área de café em monocultivo, demonstrando divergência entre esta e as demais áreas. Este isolamento da área de café em monocultivo na profundidade superficial, verificado no agrupamento, ocorre em função dos maiores níveis de nutrientes nessa área, devido à maior reposição por meio das adubações.

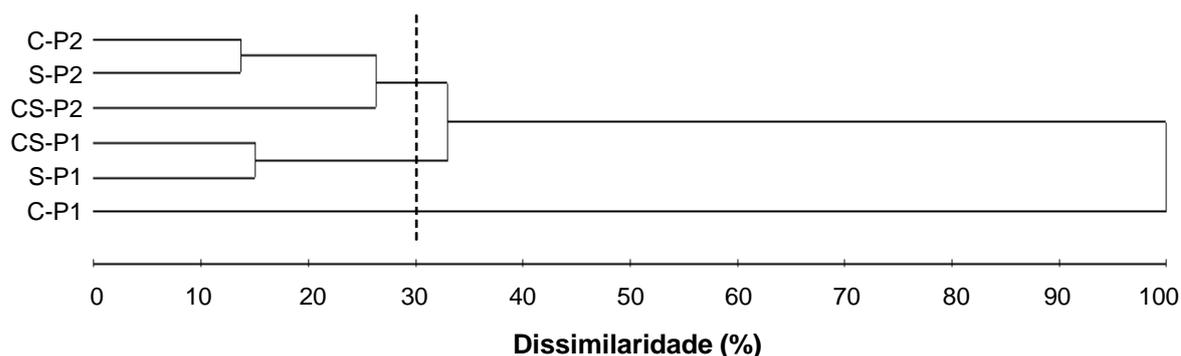


Figura 6. Dissimilaridade entre os sistemas de manejo, obtida pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando-se a distância de Mahalanobis, com base nos atributos químicos do solo. Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, e depois do traço à profundidade do solo. C: café em monocultivo; CS: café consorciado com seringueira; S: seringueira. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

A soma de bases (SB), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o potássio (K) foram os atributos químicos que mais contribuíram no agrupamento (Tabela 3), com contribuição relativa de 24,36, 17,11, 14,80 e 14,43%, respectivamente, representando mais de 70% de contribuição no agrupamento.

A maior contribuição dos atributos químicos SB, Ca, Mg e K no agrupamento (Tabela 3), ocorre em função da maior reposição destes nutrientes por meio das adubações e correção do solo na área de café em monocultivo, apresentando dessa forma maiores níveis desses nutrientes, principalmente na profundidade de 0 a 10 cm. Ensinas et al. (2014) também verificaram aumento dos teores de cálcio, magnésio e potássio em sistema de cultivo convencional, comparado à área de vegetação nativa.

O sistema de produção de café em monocultivo apresentou maiores teores de P, K, Na, Zn e B no solo, seguido pela área de café consorciado com seringueira (Figura 7). Isso ocorre em função da maior reposição de nutrientes na área de café por meio das adubações, enquanto na área de café consorciado com seringueira as adubações eram realizadas com menores doses e menor frequência, em função da baixa produção do cafeeiro nessa fase do consórcio. Além disso, segundo Salgado et al. (2006), melhores condições químicas do solo em áreas de monocultivos podem ocorrer em função da demanda nutricional das árvores nos sistemas consorciados, as quais exercem competição por nutrientes, podendo promover diminuição destes no solo.

Tabela 3. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade pelo método de Singh (1981), com base nos atributos químicos do solo.

Variável	Contribuição Relativa (%)	% Acumulada
SB	24,36	24,36
Ca	17,11	41,46
Mg	14,80	56,26
K	14,43	70,69
T	8,23	78,92
H+Al	7,07	86,00
Zn	3,51	89,51
Na	2,28	91,78
P	2,27	94,05
V	2,14	96,20
pH	1,51	97,70
Fe	0,97	98,67
B	0,82	99,49
Mn	0,27	99,76
Cu	0,18	99,94
S	0,05	99,99
Al	0,01	100,00

Soma de bases (SB), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), CTC a pH 07 (T), acidez potencial (H+Al), zinco (Zn), sódio (Na), fósforo (P), saturação por bases (V), acidez (pH), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), cobre (Cu), enxofre (S), e alumínio (Al).

Nota-se na área de café em monocultivo maiores níveis de P, K, Na, Zn, Mn, Ca, Mg, SB, T e V na profundidade de 0 a 10 cm, comparado a profundidade de 10 a 20 cm (Figura 7). Isto ocorre em função das adubações e calagem serem realizadas a lançar em superfície, de modo a aumentar a concentração de nutrientes na camada superficial.

Os maiores níveis de sódio (Na) observados na área de café em monocultivo (Figura 7), principalmente na profundidade de 0 a 10 cm, ocorrem provavelmente em função dos maiores níveis de adubação com fontes nitrogenadas nessa área. Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que causa maiores danos as plantas, com efeito na nutrição mineral, decorrentes principalmente da toxicidade dos íons em razão da absorção excessiva do Na⁺ e Cl⁻, e do desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção ou distribuição dos nutrientes (YAHYA, 1998).

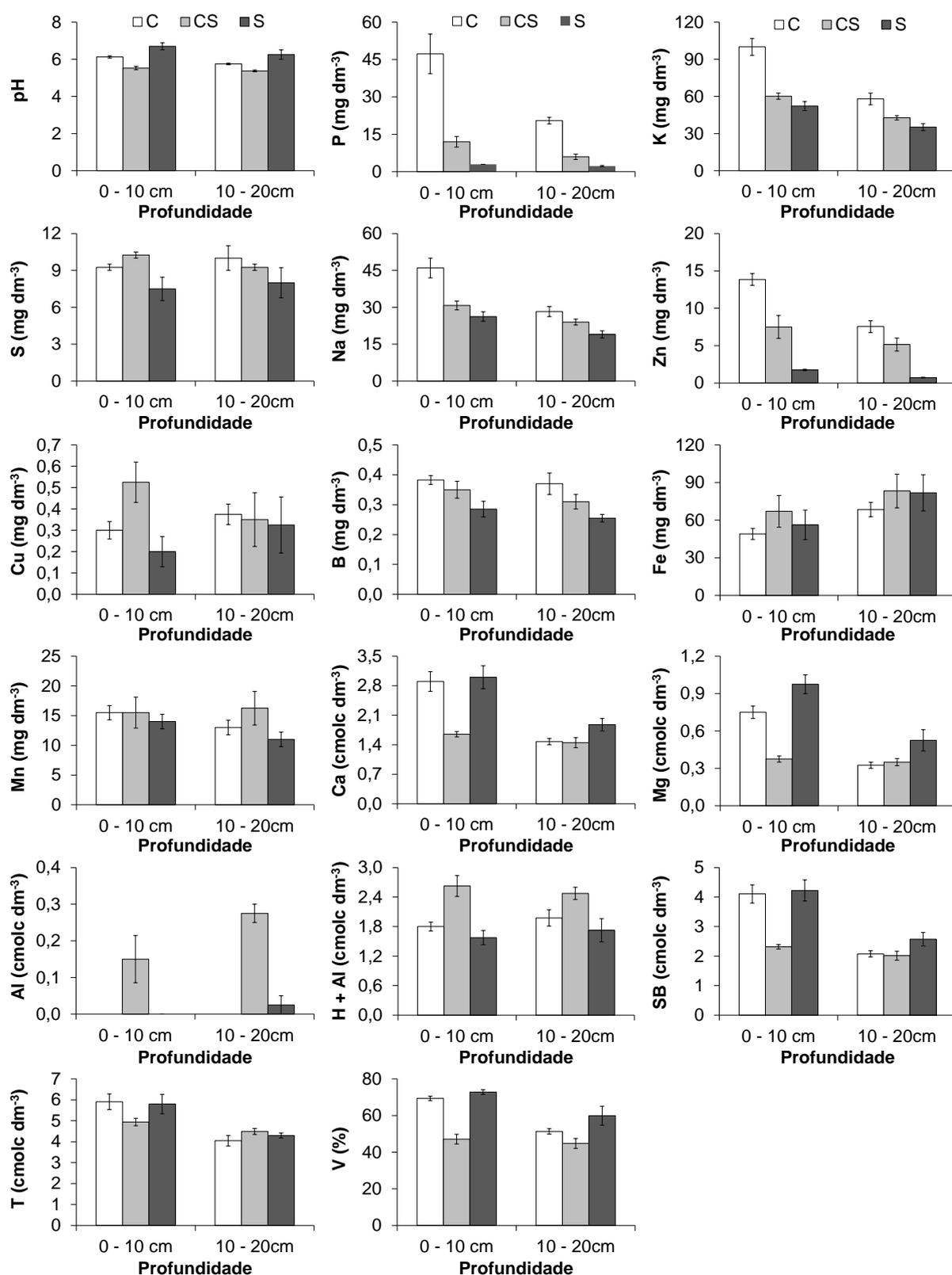


Figura 7. Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm em lavoura de café em monocultivo (C), café consorciado com seringueira (CS), e seringueira (S), onde, soma de bases (SB), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), CTC a pH 07 (T), acidez potencial (H+Al), zinco (Zn), sódio (Na), fósforo (P), saturação por bases (V), acidez (pH), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), cobre (Cu), enxofre (S), e alumínio (Al). Jaguaré-ES.

Observa-se na área de café em monocultivo e seringueira em monocultivo teores nulos de alumínio (Al) no solo, bem como menor acidez potencial (H+AL) (Figura 7), provavelmente devido aos valores de pH mais elevados observados nessas áreas, reduzindo a solubilidade do Alumínio. Nota-se também valores de pH um pouco mais elevados na camada superficial (0-10 cm), possivelmente em função da aplicação de calcário em superfície, sem incorporação do mesmo no solo.

Nota-se níveis elevados de cálcio e magnésio na área de seringueira (Figura 7), estando possivelmente associados a recente correção do solo por meio de calcário dolomítico, melhorando também os níveis de pH, soma de bases, CTC e saturação por bases nessa área, além de atuar na redução da concentração de alumínio.

Conclusões

A adoção de sistemas de manejo com café e seringueira em consórcio ou em monocultivo, nas condições estudadas, apresentaram pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo em relação à área de seringueira, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada a produção agropecuária.

Os atributos microbiológicos do solo não apresentaram alteração expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas.

Do ponto de vista químico, o sistema de produção de café em monocultivo apresentou maiores níveis de fósforo, potássio, sódio, zinco e boro no solo, em função da maior reposição por meio das adubações.

Referências

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.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, n.2, p.251-255, 1990.

ARAÚJO, A.V.; PARTELLI, F.L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J.R.M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.700-709, 2016.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.

BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [¹⁴C] glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, n.6, p.727-733, 1994.

BATISTA, Q.R.; FREITAS, M.S.M.; MARTINS, M.A.; SILVA, C.S. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e sabiá. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.146-154, 2009.

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional-tillage and no-tillage soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, n.3, p.787-795, 1994.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.17, p.837-842, 1985.

BUNN C.; LÄDERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, p.89-101, 2015.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.

CHEN, Y.; LEE, P.; LEE, G.; MARIKO, S.; OIKAWA, T. Simulating root responses to grazing of a Mongolian grassland ecosystem. **Plant Ecology**, v.183, p.265-275, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília: CONAB, v.4, n.1, 2017. 98p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017.pdf. Acesso em: 22 jan. 2017.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; BRAUN, H.; RONCHI, C.P. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.535-545, 2016.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, p.357-377, 2011.

DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; VIVALDI, L.J.; ALENCAR, C.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. Alterações microbianas e químicas de um gleissolo sob macaubeiras nativas em função da variação sazonal e espacial. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.750-762, 2014.

ENSINAS, S.C.; MARCHETTI, M.E.; SILVA, E.F.; POTRICH, D.C.; MARTINEZ, M.A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science and Technology**, v.07, n.02, p.24-36, 2014.

ESPÍNDULA, J.A.A.; ALMEIDA, D.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v.8, p.104-113, 2001.

EVANGELISTA, C.R.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, E.P.B; PIRES, F.R. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1549-1562, 2013.

FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.1, p.22-31, 2017.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.893-901, 2005.

ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Historical data on the Global coffee trade**. ICO, 2017. Disponível em: http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics. Acesso em: 22 jan. 2017.

IWATA, B.F.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L.P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.730-738, 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, n.3, p.209-213, 1976.

LAMMEL, D.R.; AZEVEDO, L.C.B.; PAULA, A.M.; ARMASA, R.D.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Microbiological and faunal soil attributes of coffee cultivation under different management systems in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.75, n.4, p.894-905, 2015.

LEITE, L.F.C.; IWATA, B.F.; ARAÚJO, A.S.F. Soil organic matter pools in a tropical savanna under agroforestry system in northeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.38, p.711-723, 2014.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

MALUCHE-BARRETA, C.R.D.; KLAUBERG FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p.655-665, 2007.

MARTINS, M.Q.; RODRIGUES, W.P.; FORTUNATO, A.S.; LEITÃO, A.E.; RODRIGUES, A.P.; PAIS, I.P.; MARTINS, L.D.; SILVA, M.J.; REBOREDO, F.H.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.J.C.; DaMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Protective Response Mechanisms to Heat Stress in Interaction with High [CO₂] Conditions in *Coffea* spp. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1-18, 2016.

NEGASH, M.; STARR, M. Biomass and soil carbon stocks of indigenous agroforestry systems on the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia. **Plant Soil**, v.393, p.95-107, 2015.

NOTARO, K.A.; MEDEIROS, E.V.; DUDA, G.P.; SILVA, A.O.; MOURA, P.M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v.71, n.2, p.87-95, 2014.

NUNES, L.A.P.L.; DIAS, L.E.; BARROS, I.J.N.F.; KASUYA, M.C.M.; CORREIA, E.F. Impacto do Monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, v.39, p.2467-2474, 2009.

NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; MARTINHÃO, D. SOUSA, G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de Cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.4, p.1407-1419, 2011.

OLIOSI, G.; GILES, J.A.D.; RODRIGUES, W.P.; RAMALHO, J.C.; PARTELLI, F.L. Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem. var. *Australis*). **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.4, p.528-538, 2016.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: Elsevier Science, 1994. p.3-12.

PARTELLI, F.L.; ARAÚJO, A.V.; VIEIRA, H.D.; DIAS, J.R.M.; MENEZES, L.F.T.; RAMALHO, J.C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.872-881, 2014.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, E.P.B.; VIANA, A.P.; MARTINS, M.A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.43, p.847-864, 2012.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; FERRARI, W.R.; PEZZOPANE, J.E.M. Alterações microclimáticas em cultivo de café Conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p. 865-871, 2011.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M.; PEZZOPANE, J.E.M. Condições microclimáticas em cultivo de café Conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v.40, p.1-7, 2010.

PIAO, H.C.; HONG, Y.T.; YUAN, Z.Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, n.4, p.294-297, 2000.

PRADO, M.R.V.; RAMOS, F.T.; WEBER, O.L.S.; MÜLLER, C.B. Organic carbon and total nitrogen in the densimetric fractions of organic matter under different soil management. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.263-273, 2016.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO₂] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v.22, p.415-431, 2016.

SALGADO, B.G.; MACEDO, R.L.G.; ALVARENGA, M.I.N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.343-349, 2006.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, F.C. (Org). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; FEIGEL, B.J.; VENZKE FILHO, S.P.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.

SOUZA, E.D.; ANDRADE, E.V.G.C.; ANGHINONI, I.; VENSKE, C.S.L.; CARVALHO, P.C.F.; POSSELT, A.M. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidade de pastejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010.

SOUZA, H.N.; GOEDE, R.G.M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I.M.; DUARTE, E.M.G.; FERNANDES, R.B.A.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.146, p.179-196, 2012.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, n.3, p.337-343, 1988.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: Genesis, composition, reactions. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496p.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution on sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.2, p.1439-1451, 1998.

ZAKE, J.; PIETSCH, S.A.; FRIEDEL, J.K.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Can agroforestry improve soil fertility and carbon storage in smallholder banana farming systems?. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.178, p.237-249, 2015.

ZIBILSKE, L.M.; BRADORD, J.M.; SMART, J.R. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. **Soil and Tillage Research**, v.66, n.2, p.153-163, 2002.

1.2 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE PASTAGEM, SERINGUEIRA E FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA

Resumo

A demanda por sistemas sustentáveis de produção vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, de forma que busca-se sistemas de cultivos que possam aliar a produção agropecuária à manutenção da qualidade do solo. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações dos atributos microbiológicos e químicos do solo em área de pastagem, seringueira e fragmento de mata Atlântica em diferentes épocas. O experimento foi realizado em Jaguaré, Espírito Santo, Brasil, onde foram avaliados três sistemas de manejo do solo, sendo, 01- pastagem de *Brachiaria brizantha*, 02- Seringueira, e 03- fragmento de mata Atlântica. As análises microbiológicas do solo foram realizadas no inverno e verão, e as análises químicas somente no verão, ambas na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Os dados foram submetidos à análise multivariada e análise descritiva das variáveis. Os atributos microbiológicos do solo apresentaram alteração pouco expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas. O manejo adotado nos sistemas de cultivo com seringueira ou pastagem proporcionaram redução da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio do solo, além de elevarem os teores de potássio, zinco, manganês, magnésio, soma de bases e saturação por bases. As adoções de sistemas de manejo com seringueira ou pastagem, nas condições estudadas, apresentaram

pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo em relação ao fragmento de mata Atlântica, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada a produção agropecuária.

Palavras chave: *Brachiaria brizantha*, *Hevea brasiliensis*, qualidade do solo, sustentabilidade, sistema de cultivo.

Abstract

The demand for sustainable systems of production has increased considerably in recent years, so we are looking for cropping systems that can combine agricultural production with the maintenance of soil quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the changes in microbiological and chemical attributes of soil in area of pasture, rubber trees and fragment of Atlantic forest, at different seasons. The experiment was conducted at Jaguaré, Espírito Santo, Brasil, where was evaluated three management systems, 01- pasture of *Brachiaria brizantha*, 02- rubber tree, and 03- fragment of Atlantic forest. The microbiological soil analyzes were carried out in winter and summer, and the chemical analysis only in the summer, both on the depth of 0-10 and 10-20 cm. The data were submitted to multivariate analysis and descriptive analysis of the variables. The microbiological attributes of the soil did not present an expressive change in the seasons evaluated, evidencing that the frequent occurrence of higher values in the summer is associated to the high precipitations coupled with the high temperatures. The management used in cultivation systems with rubber tree and pasture provided a reduction of the active acidity, potential acidity and soil aluminum contents, besides increasing the levels of potassium, zinc, manganese, magnesium, sum of base and base saturation. The adoption of management systems with rubber trees or pasture, under the conditions studied, presented little alteration in the microbiological attributes of the soil in relation to the fragment of Atlantic forest, showing up as viable alternatives to promote soil sustainability, combined with agricultural production.

Key words: *Brachiaria brizantha*, *Hevea brasiliensis*, soil quality, sustainability, cultivation system.

Introdução

A adoção de sistemas sustentáveis de produção vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, impulsionada principalmente pela demanda da sociedade por alimentos que apresentem maior qualidade e que em seu processo produtivo resultem em menores impactos ambientais (FERREIRA et al., 2017). Dessa forma, buscam-se atualmente sistemas de cultivos que conservem e/ou melhorem a qualidade do solo, que preservem o ambiente e garantam a segurança alimentar e a produtividade dos nossos solos para as futuras gerações.

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, na medida em que seu uso e mobilização intensiva podem resultar na diminuição de sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004). Desse modo, diversos trabalhos têm sido realizados buscando avaliar a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo (PARTELLI et al., 2012; EVANGELISTA et al., 2013; ENSINAS et al., 2014; ZAKE et al., 2015; MAZZETTO et al., 2016; FERREIRA et al., 2017).

Diversos atributos microbiológicos têm sido empregados para a qualificação de sistemas de manejo. A biomassa microbiana do solo é a parte viva da matéria orgânica, responsável pelos processos bioquímicos e biológicos no solo, sendo sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo ambiente (BALOTA et al., 2003), constituindo-se, por este motivo, um sensível indicador da qualidade do solo, de modo que qualquer estresse no sistema afetará a densidade, diversidade e a atividade das populações microbianas do solo (PANKHURST e LYNCH, 1994).

A diversidade biológica do solo possui grande importância na manutenção de sua capacidade produtiva, atuando na decomposição e mineralização de resíduos orgânicos, favorecendo a disponibilidade de nutrientes às plantas e até mesmo a outros indivíduos (BROWN e SAUTTER, 2009). A biomassa microbiana do solo funciona como compartimento reserva de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre no solo, elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal e como catalisador na decomposição da matéria orgânica (SOUZA et al., 2010). Esta pode ser avaliada pelos principais atributos microbiológicos do solo, como carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico, fornecendo índices que permitem avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo, bem como sua qualidade (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

O ciclo do carbono tem sido avaliado em diversos estudos, uma vez que esse elemento desempenha papel chave nos processos que envolvem mudanças climáticas globais (CARVALHO et al., 2010). Sistemas de manejo capazes de manter ou incrementar as frações de carbono orgânico no solo contribuem para a manutenção da capacidade produtiva e para a mitigação do incremento do CO₂ atmosférico (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Altos estoques de carbono orgânico não só mantêm a qualidade do solo e a produtividade local, mas constituem também um armazenamento permanente de carbono maior do que na biomassa (NEGASH e STARR, 2015).

A demanda crescente por alimentos, bioenergia, fibra, madeira e outros bens, necessita ser atendida por meio de sistemas de produção que resultem em mínimo distúrbio ambiental associado e tragam resultados econômicos satisfatórios para os agricultores (VEIGA et al., 2011). Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações dos atributos microbiológicos e químicos do solo em área de pastagem, seringueira e fragmento de mata Atlântica em diferentes épocas.

Material e métodos

O experimento foi realizado em propriedade particular situada no município de Jaguaré, Espírito Santo, Brasil (18°56'S, 39°59'O), em altitude de 50 m e relevo plano. O solo foi caracterizado como Latossolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2013), e o clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013). No período de realização do experimento, o verão de 2016 apresentou precipitações abaixo da média histórica (Figura 1). A estação meteorológica estava localizada a 31,5 km de distância da área experimental.

Foram avaliados três sistemas de manejo do solo, sendo, 1: área de pastagem de *Brachiaria brizantha* (P); 2: área de seringueira (S); e, 3: fragmento de mata Atlântica (M). As três áreas avaliadas apresentavam mesmo tipo de solo e topografia, estando situadas próximas umas das outras, com distância aproximada de 200 m entre si.

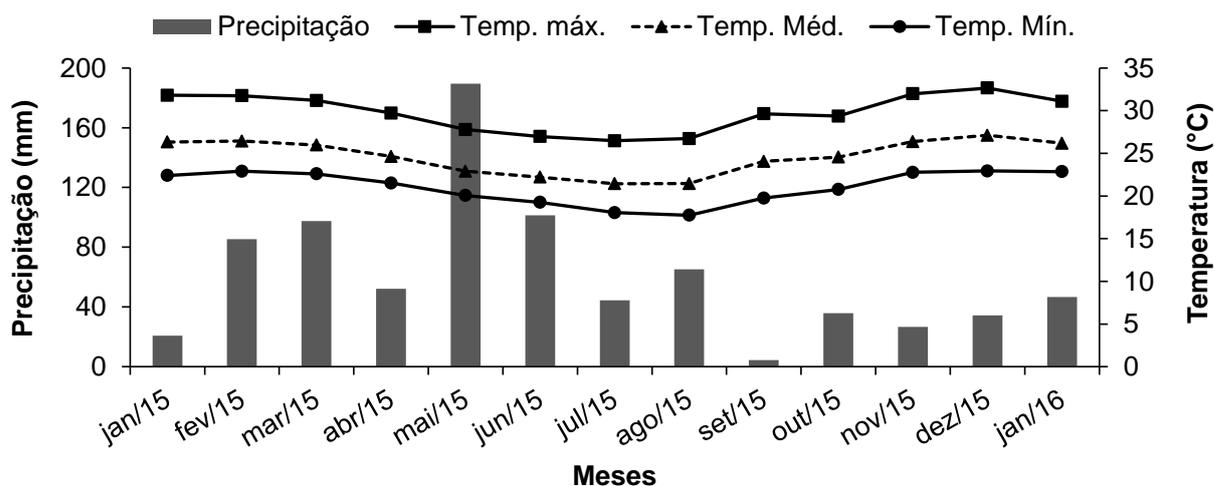


Figura 1. Precipitação total e valores médios das temperaturas máxima, média e mínima do ar registrada na estação meteorológica de São Mateus-ES, no período de 01 de janeiro de 2015 a 11 de janeiro de 2016.

A área de pastagem de *B. brizantha* (P) foi implantada em 2006. O preparo da área foi realizado com duas passagens de grade aradora seguidas por uma passagem de grade niveladora. A calagem foi realizada durante o preparo do solo na dosagem de 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Utilizou-se também fosfato natural reativo na dosagem de 400 kg ha⁻¹. O plantio de *B. brizantha* foi realizado com distribuidor de sementes, seguida por leve compactação com rolo compactador. Na formação da pastagem foi realizada uma pulverização com herbicida para controle de plantas daninhas, e 90 dias após o plantio foi realizada uma adubação nitrogenada em superfície com ureia, na dosagem de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Anteriormente ao plantio a área foi utilizada com café (1986 a 2002), mandioca (2002 a 2004) e pousio (2004 a 2006).

A área de seringueira em monocultivo (S) foi implantada em 1982, encontrando-se em plena produção com 33 anos de idade, na ocasião das coletas de solo. O espaçamento utilizado foi de 7,8 x 2,3 m. Antes do plantio da seringueira a área era ocupada por vegetação nativa. O preparo do solo foi realizado com uma aração, duas gradagens e uma grade niveladora, e o coveamento foi realizado por meio de enxadão. A análise de solo era realizada a cada dois anos, e o calcário distribuído a lanço em superfície conforme a interpretação da análise de solo. A área foi adubada somente no plantio e durante a formação da seringueira, sendo adubada novamente em 2014 com palha de café. O controle de plantas daninhas era realizado por meio de roçadas a cada três meses, e com glifosato uma vez por

ano no período chuvoso. A área não possui sistema de irrigação. Por ser uma árvore caducifólia, a seringueira apresenta queda de folhas total no inverno, iniciando a queda natural em maio/junho, com novo enfolhamento em agosto, promovendo intensa deposição de serrapilheira nesse período.

O fragmento de mata Atlântica (M) não sofreu queimada nos últimos 30 anos, mas há 25 anos foram retiradas árvores de valor comercial.

Os sistemas de manejo avaliados foram divididos em quatro talhões cada, representando quatro repetições. As coletas de solo foram realizadas com trado tipo sonda no dia 13/07/2015 (inverno) e 11/01/2016 (verão), nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. As análises microbiológicas do solo foram realizadas em duas épocas (inverno e verão), em função da sensibilidade destes atributos às condições climáticas, e as análises químicas foram realizadas somente no verão. Realizou-se também a caracterização granulométrica das áreas avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Características granulométricas do solo nos sistemas de manejo avaliados. Jaguaré-ES.

Áreas avaliadas	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)
	(2 a 0,05 mm)	(0,05 a 0,002 mm)	(< 0,002 mm)
P-P1	866	39	95
P-P2	879	31	90
S-P1	893	43	64
S-P2	876	44	80
M-P1	943	22	35
M-P2	940	20	40

Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, e depois do traço à profundidade do solo. P: pastagem; S: seringueira; M: fragmento de mata Atlântica. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

Uma sub-amostra de solo foi retirada para análise química e encaminhada a um laboratório credenciado, sendo realizada conforme Silva (1999): pH em água; P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl; H+Al por meio do extrator SMP; B extraído por água quente; S pelo extrator fosfato monocálcio em ácido acético; e, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) por oxidação úmida.

Outra subamostra do solo foi usada para as análises de respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa

microbiana (NBM), sendo estas coletadas com umidade próxima à capacidade de campo, acondicionada em sacos plásticos, protegida da luz e mantida em caixas térmicas sob refrigeração, sendo transportadas para o laboratório no prazo de até 24 horas após a coleta. Posteriormente, as amostras foram peneiradas em malhas com 2 mm, sendo acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração a 4°C. Após o processamento das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório de ciclagem de nutrientes da Embrapa Agrobiologia, localizada em Seropédica-RJ. As análises foram realizadas em duplicata.

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de acordo com Jenkinson e Powlson (1976) e o quociente metabólico (qCO_2) de acordo com os procedimentos descritos por Anderson e Domsch (1990). O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987), utilizando um fator de correção (k_C) de 0,33 recomendado por Sparling e West (1988). O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado pelo método de fumigação-extração, utilizando um fator de correção (k_N) de 0,54, de acordo com Brookes et al. (1985). O quociente microbiano foi obtido pela relação entre o CBM e o COT (SPARLING, 1992).

Os dados foram submetidos à análise multivariada, estimando a distância entre sistemas utilizando-se a distância de Mahalanobis (D^2), e em seguida, procedeu-se o agrupamento hierárquico pelo método *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages* (UPGMA). De forma complementar, foi estimada a contribuição relativa dos caracteres pelo método de Singh (1981). Utilizou-se o programa computacional Genes para a realização das análises (CRUZ, 2013). Realizou-se também a análise descritiva das variáveis por meio da estimativa da média e erro padrão da média.

Os dados microbiológicos médios de todas as épocas e profundidades avaliadas foram transformados em porcentagens, considerando o valor do solo do fragmento de mata atlântica como 100%, e processados em um gráfico tipo radar, com seis variáveis para o cálculo do índice de qualidade do solo (IQS), conforme realizado por Nunes et al. (2009).

Resultados e discussão

Na análise por agrupamento UPGMA dos atributos microbiológicos do solo (Figura 2), observou-se a formação de quatro grupos, a 50% de dissimilaridade. O primeiro agrupamento foi composto pela área de mata avaliada no inverno na profundidade de 10 a 20 cm, e pelas áreas de pastagem no inverno (P-I.P1 e P-I.P2) e no verão na profundidade de 0 a 10 cm (P-V.P1). O segundo grupo foi formado apenas pela área de seringueira avaliada no inverno na profundidade de 10 a 20 cm. O terceiro agrupamento foi composto pelas áreas de seringueira e mata no inverno na profundidade de 0 a 10 cm. Já o quarto grupo, foi formado por todos os manejos avaliados no verão, exceto a área de pastagem na profundidade de 0 a 10 cm.

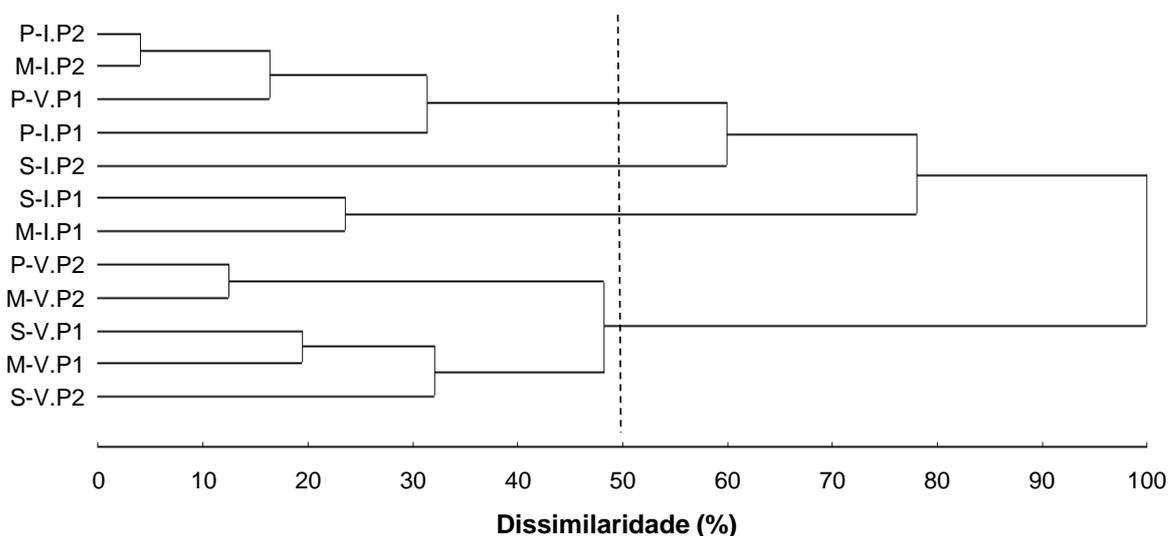


Figura 2. Dissimilaridade entre os sistemas de manejo, obtida pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando-se a distância de Mahalanobis, com base nos atributos microbiológicos do solo. Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, depois do traço à época de amostragem, e por fim, à profundidade do solo. P: pastagem de *Brachiaria brizantha*; S: seringueira; M: fragmento de mata Atlântica. I: inverno; V: verão. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

Nota-se que os sistemas de manejo avaliados no verão agruparam-se praticamente em um único grupo (Figura 2), indicando similaridade entre as áreas avaliadas nessa época. Essa semelhança nos atributos microbiológicos do solo entre as áreas no verão provavelmente ocorreu em função das baixas precipitações nesse período (Figura 1), atuando como um fator de estresse e limitando a biomassa microbiana do solo.

No inverno, verifica-se a distribuição das áreas avaliadas em três grupos (Figura 2), demonstrando divergência entre os sistemas de manejo nessa época. A área de pastagem avaliada no inverno (P-I.P1 e P-I.P2) e no verão na profundidade de 0 a 10 cm (P-V.P1) foram agrupadas em um único grupo, demonstrando homogeneidade nesse sistema de manejo nas épocas e profundidades avaliadas. Nota-se que a área de mata avaliada no inverno na profundidade de 10 a 20 cm também se encontra nesse grupo, demonstrando que a pastagem avaliada apresentou atributos microbiológicos do solo semelhantes à mata nessa época e profundidade, o que evidencia uma manutenção da qualidade do solo a níveis próximos ao observado na mata, corroborando com os resultados encontrados por Mazzetto et al. (2016), que também verificaram similaridade entre os atributos microbiológicos de áreas nativas e pastagens.

A área de mata e seringueira avaliadas no inverno na profundidade de 0 a 10 cm formaram um grupo (Figura 2), indicando similaridade entre estes sistemas de manejo nessa época e profundidade. Contudo, na profundidade de 10 a 20 cm, a área cultivada com seringueira distanciou-se das demais áreas. Esta área apresenta 33 anos de cultivo, de modo a promover melhores condições microbiológicas do solo, em função da deposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes ao longo dos anos. Além disso, a seringueira é uma árvore caducifólia, apresentando queda total de folhas no inverno, promovendo intensa cobertura vegetal do solo e aporte de matéria orgânica nessa estação, o que possivelmente contribuiu para o distanciamento das demais áreas nesta estação.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi o principal atributo microbiológico para separar as distintas situações estudadas, com contribuição relativa de 29,83% (Tabela 2), corroborando com Partelli et al. (2012), ao estudar áreas de café Conilon sob manejo orgânico e convencional. Seguidamente, o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e o quociente microbiano ($qMIC$) apresentaram as maiores contribuições relativas (19,92 e 19,06%, respectivamente). Nos trabalhos realizados por Ferreira et al., 2010 e por Nunes et al., 2009, também foi verificado a sensibilidade do carbono da biomassa microbiana à mudança no uso do solo, apresentando redução significativa nos sistemas de cultivo avaliados.

Tabela 2. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade pelo método de Singh (1981), com base nos atributos microbiológicos do solo.

Variável	Contribuição Relativa (%)	% Acumulada
CBM	29,83	29,83
NBM	19,92	49,75
qMIC	19,06	68,82
COT	11,87	80,68
COT/NT	8,19	88,88
NT	4,55	93,43
RBS	4,03	97,47
qCO ₂	2,53	100,00

Carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), quociente microbiano (qMIC), carbono orgânico total (COT), relação entre COT e NT (COT/NT), nitrogênio total (NT), respiração basal do solo (RBS), e quociente metabólico (qCO₂).

De modo geral, a respiração basal do solo (RBS) foi maior no inverno (Figura 3A), sendo 22,3% superior ao verão, onde geralmente seriam esperadas maiores taxas de respiração, em função das maiores precipitações e temperaturas, conforme observado por Espíndula et al. (2001), Nunes et al. (2009), Lourente et al. (2011), Evangelista et al. (2013) e Diniz et al. (2014). Contudo, no presente trabalho, o mês de janeiro (verão) foi caracterizado como um período atípico, com baixos volumes de precipitação (Figura 1), registrando-se uma precipitação acumulada de apenas 135 mm nos 90 dias anteriores à coleta de verão, enquanto no mesmo intervalo anterior à coleta de inverno houve precipitação de 322,4 mm.

Estes resultados evidenciam que a ocorrência de maiores valores para a RBS no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas, visto que nos 90 dias anteriores a coleta de inverno mesmo a precipitação sendo 138,8% superior à acumulada no mesmo período anterior a coleta do verão, verificou-se apenas 22,3% de aumento na RBS, provavelmente em função da temperatura mais baixa neste período. Segundo Espíndula et al. (2001), a respiração basal do solo varia de acordo com a temperatura do ar e a taxa de precipitação pluviométrica, mostrando-se intimamente associada com a umidade do solo. Além disso, no verão, a RBS foi pouco influenciada pelos sistemas de manejo avaliados, podendo também estar relacionado às baixas precipitações ocorridas, atuando como fator de estresse à biomassa microbiana, e dificultando a sua expressão.

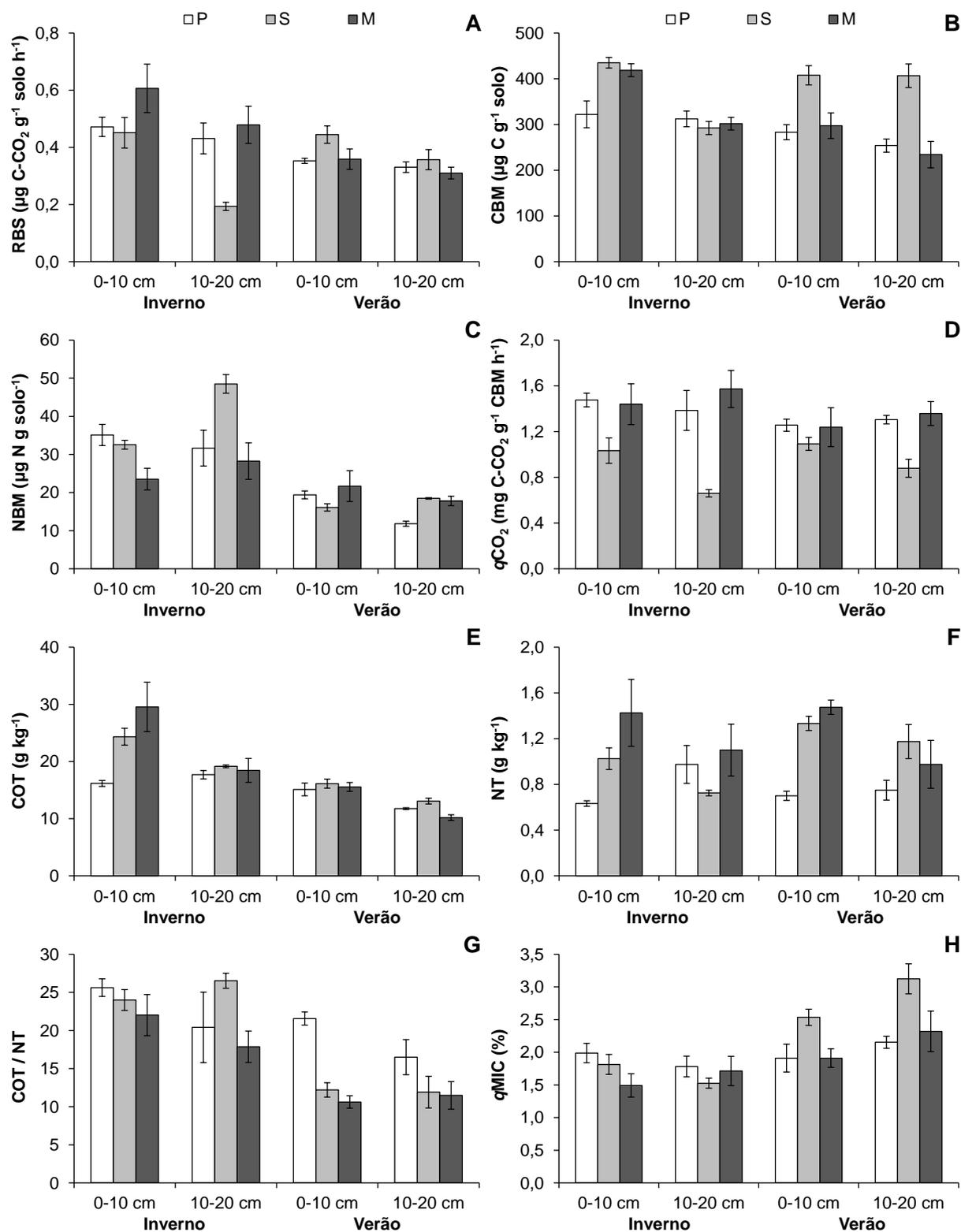


Figura 3. Atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm em duas épocas do ano (inverno e verão), em área de pastagem de *Brachiaria brizantha* (P), seringueira (S), e mata (M), onde, respiração basal do solo - RBS (A), carbono da biomassa microbiana - CBM (B), nitrogênio da biomassa microbiana - NBM (C), quociente metabólico - $q\text{CO}_2$ (D), carbono orgânico total - COT (E), nitrogênio total - NT (F), relação entre COT e NT - COT/NT (G), e quociente microbiano - $q\text{MIC}$ (H). Jaguaré-ES.

No inverno, o fragmento de mata Atlântica (M) apresentou RBS superior aos sistemas de cultivos avaliados (P e S) na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 3A). O aumento na RBS indica que a biomassa microbiana estaria atuando na decomposição da matéria orgânica do solo, com imobilização de nutrientes em sua biomassa e liberação de partes destes constituintes para o solo (DINIZ et al., 2014), havendo uma tendência de maior atividade respiratória nos sistemas com menor intensidade de manejo do solo (FRAZÃO et al., 2010). Por outro lado, menores valores sugerem que a biomassa microbiana está atuando como compartimento de reserva de nutrientes (LOURENTE et al., 2011).

A área de seringueira apresentou menor RBS na profundidade de 10 a 20 cm, no inverno (Figura 3A), assim como menor qCO_2 (Figura 3D). Quando a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos CO_2 é perdido para a atmosfera e maior taxa de carbono é incorporada à biomassa microbiana, resultando em menor qCO_2 (CUNHA et al., 2011). A elevada taxa respiratória indica alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis às plantas (BATISTA et al., 2009), porém, nem sempre a maior RBS está associada à altas taxas de mineralização de nutrientes no solo (EVANGELISTA et al., 2013). Ainda de acordo com Islam e Weil (2000), altas taxas de respiração podem indicar ou não algum tipo de distúrbio no solo, de modo que a análise da RBS não deve ser feita isoladamente, mas em conjunto, por meio do quociente metabólico. Desse modo, a menor taxa de RBS verificada na área de seringueira pode ser atribuída a um ambiente mais equilibrado, e com menor estresse a biomassa microbiana, conforme notado pelo menor qCO_2 .

O carbono da biomassa microbiana (CBM) não apresentou diferença expressiva entre as épocas avaliadas (Figura 3B). Geralmente maiores valores de CBM ocorrem no verão (período chuvoso) (NUNES et al., 2009; LOURENTE et al., 2011; PARTELLI et al., 2012; EVANGELISTA et al., 2013), pois de acordo com Espíndula et al. (2001), a elevação concomitante da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica promove condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo. No entanto, no presente trabalho, como o verão foi atípico, com baixas precipitações (Figura 1), a menor disponibilidade de água no solo pode ter afetado a biomassa microbiana.

Durante o período seco parte da biomassa microbiana morre, e com a retomada das chuvas e aumento da umidade do solo, a biomassa microbiana sobrevivente utiliza matéria orgânica acumulada no período, havendo desta forma maior atividade microbiana durante o período chuvoso (PIAO et al., 2000). Ainda de acordo com Espíndula et al. (2001), o efeito da temperatura também deve ser considerado, uma vez que a elevação da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, no verão, acarretam condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo. Deste modo, como no presente trabalho as maiores taxas de precipitação pluviométrica no inverno foram associadas às temperaturas mais amenas, a CBM não foi alterada, assim como as altas temperaturas no verão foram associadas às baixas precipitações, evidenciando que a ocorrência de maiores valores para o CBM no período chuvoso está associada às altas temperaturas.

No inverno, maiores valores CBM foram verificados na área de seringueira e mata na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 3B), estando possivelmente associado aos maiores teores de carbono orgânico total (COT) encontrado nesses sistemas de cultivo nessa mesma época e profundidade (Figura 3E). No verão, a área de seringueira apresentou os maiores teores de CBM no solo, sendo inclusive superior ao fragmento de mata Atlântica. Estes resultados evidenciam a seringueira como um sistema de cultivo com potencial para melhoria na qualidade do solo, aliado a produção agrícola.

O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi influenciado pelos sistemas de manejo e pelas épocas avaliadas (Figura 3C). O NBM foi maior no inverno, apresentando redução de 47,3% no verão, provavelmente influenciada pela baixa precipitação observada no verão (Figura 1). Além disso, no verão, os níveis de NBM foram pouco influenciados pelos sistemas de manejo avaliados, podendo também estar relacionado às baixas precipitações ocorridas, atuando como fator de estresse à biomassa microbiana, e dificultando a sua expressão.

No inverno, na profundidade de 0 a 10 cm nota-se uma tendência de maiores níveis de NBM na área de pastagem e seringueira (Figura 3C). Na profundidade de 10 a 20 cm a área de seringueira se destaca novamente com maiores níveis de NBM, com aumento de 53,3% e 71,6% em relação às áreas de pastagem e mata, respectivamente, o que possivelmente está associado ao fato da seringueira apresentar queda total de folhas no inverno, ocasionando intensa deposição de serrapilheira ao solo.

Quanto ao quociente metabólico (qCO_2), observa-se uma tendência de valores inferiores na área de seringueira em todas as épocas e profundidades avaliadas (Figura 3D). A redução nos valores do qCO_2 na área cultivada com seringueira indica que a biomassa microbiana está sendo mais eficiente, havendo menor perda de CO_2 por unidade de biomassa (LOURENTE et al., 2011). Deste modo, a área cultivada com seringueira, por ser conduzida há 33 anos com constante deposição de resíduos sobre o solo, demonstra um ambiente com maior qualidade do solo, e menor condição de estresse à biomassa microbiana.

Quanto ao carbono orgânico total (COT), verifica-se valores mais elevados na área cultivada com seringueira e sob mata Atlântica na profundidade de 0 a 10 cm no inverno (Figura 3E), demonstrando o potencial dessas áreas em incrementar os níveis de matéria orgânica do solo. De acordo com Negash e Starr (2015), altos estoques de carbono orgânico não só mantêm a qualidade do solo e a produtividade local, mas constituem também um armazenamento permanente de carbono maior do que na biomassa.

Nas demais avaliações e profundidades os níveis de COT do solo foram similares entre os sistemas de manejo, evidenciando que os cultivos avaliados (S e P) são capazes de promover o incremento de carbono ao solo aliado à produção agropecuária. Segundo Siqueira Neto et al. (2009), sistemas de manejo capazes de manter ou incrementar as frações de carbono orgânico no solo contribuem para a manutenção da capacidade produtiva e para a mitigação do incremento do CO_2 atmosférico.

Os níveis de nitrogênio total (NT) foram superiores na área de seringueira e mata na profundidade de 0 a 10 cm, em ambas as épocas (Figura 3F), sendo possivelmente responsável pela tendência de baixa relação COT/NT verificada nessas áreas na profundidade de 0 a 10 cm, principalmente no verão (Figura 3G). Os maiores níveis de NT observado nessas áreas provavelmente está associado à constante deposição de serrapilheira no fragmento de mata e à queda de folhas da seringueira, que por sua vez apresenta relação C:N baixa, de aproximadamente 17:1 (MIRANDA, 2010), elevando dessa forma os níveis de NT no solo.

Nota-se uma tendência de maior quociente microbiano ($qMIC$) na área de seringueira no verão (Figura 3H), possivelmente em função da constante deposição de serrapilheira na área, pois segundo Silva et al. (2010), a baixa disponibilidade ou qualidade do substrato orgânico ocasionam baixos valores de $qMIC$. O quociente

microbiano reflete quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana (SILVA et al., 2010), e mostra o potencial de reserva desse elemento no solo (CARNEIRO et al., 2009), no qual maiores taxas de $qMIC$ evidenciam maior eficiência da comunidade microbiana em utilizar o carbono e o nitrogênio da matéria orgânica mineralizável (BALOTA et al., 1998; MALUCHE-BARETTA et al., 2007).

O quociente microbiano em condições normais, varia de 1 a 4 % e valores inferiores a 1 % podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (JAKELAITIS et al. 2008). Desse modo, todos os sistemas de manejo avaliados apresentam condição satisfatória à biomassa microbiana do solo, com $qMIC$ variando de 1,5 a 3,1% (Figura 3H).

O maior índice de qualidade do solo (IQS) foi encontrado na área cultivada com seringueira, que correspondeu a 1,06 em relação ao fragmento de mata Atlântica, considerado como 100% para comparação com as demais áreas, com IQS igual a 1 (Figura 4). O menor IQS foi encontrado na área de pastagem, correspondendo a 0,90.

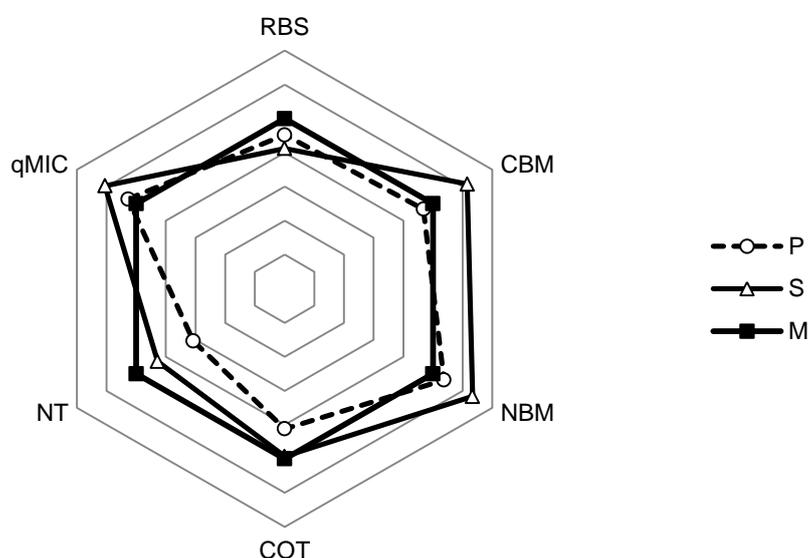


Figura 4. Índice de qualidade do solo em área de pastagem (P), seringueira (S), e mata (M), onde, respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), e quociente microbiano ($qMIC$). Jaguaré-ES.

O maior IQS encontrado na área cultivada com seringueira (Figura 4), provavelmente está associado à constante deposição de folhas ao solo, possibilitando ao longo dos 33 anos de cultivo, na manutenção dos atributos

microbiológicos do solo em níveis satisfatórios. O fragmento de mata por sua vez, também apresenta constante deposição de serrapilheira, contudo, apresenta maiores teores de areia na profundidade avaliada (Tabela 1), os quais podem ter influenciado no menor índice de qualidade do solo, pois de acordo com Hamarashid et al. (2010), a atividade microbiana nos solos é frequentemente limitada pela textura do solo, com populações bacterianas mais baixas em solos mais arenosos, além de menor mineralização de carbono.

Os altos teores de areia observados nos 20 cm de solo avaliados no fragmento de mata Atlântica (Tabela 1) são característicos dos solos da região, no entanto, a variação observada nas áreas de seringueira e pastagem, está associada ao preparo do solo com aração e gradagem, no qual os maiores teores de argila em profundidade são revolvidos e misturados na camada superficial.

O menor IQS verificado na área de pastagem justifica-se pela menor adição de matéria orgânica, comparada às demais áreas, verificado pelos níveis mais baixos de COT (Figura 4), contudo, nota-se que esta área apresentou médias de RBS, CBM, NBM e $qMIC$ semelhantes as médias observadas no fragmento de mata Atlântica, evidenciando a manutenção dos atributos microbiológicos do solo a níveis próximos a área de vegetação natural.

Ressalta-se que o solo da área de pastagem estava totalmente coberto nas avaliações realizadas, sem sinais de degradação do solo, e o sistema de pastejo utilizado pelo pecuarista foi o de pastejo alternado com intensidade de pastejo moderada, o que aliado ao retorno de nutrientes e matéria orgânica por meio das fezes e urina do gado, possibilitou a manutenção destes atributos microbiológicos. Intensidades de pastejo moderadas (20 a 40 cm de altura do pasto) podem manter o nível de qualidade biológica do solo, enquanto numa alta intensidade de pastejo (10 cm) ocorre uma redução nos teores de CBM e NBM (SOUZA et al., 2010), além de perdas nos estoques de COT e NT, com degradação da qualidade da matéria orgânica (SOUZA et al., 2009). Estes resultados evidenciam a possibilidade de aliar a produção agropecuária à conservação do solo, possibilitando sistemas de cultivos mais sustentáveis.

Na análise por agrupamento UPGMA dos atributos químicos do solo (Figura 5), observou-se a formação de dois grupos, a 60% de dissimilaridade, sendo um grupo formado apenas pela área de mata na profundidade de 10 a 20 cm, e outro grupo formado pelas demais áreas.

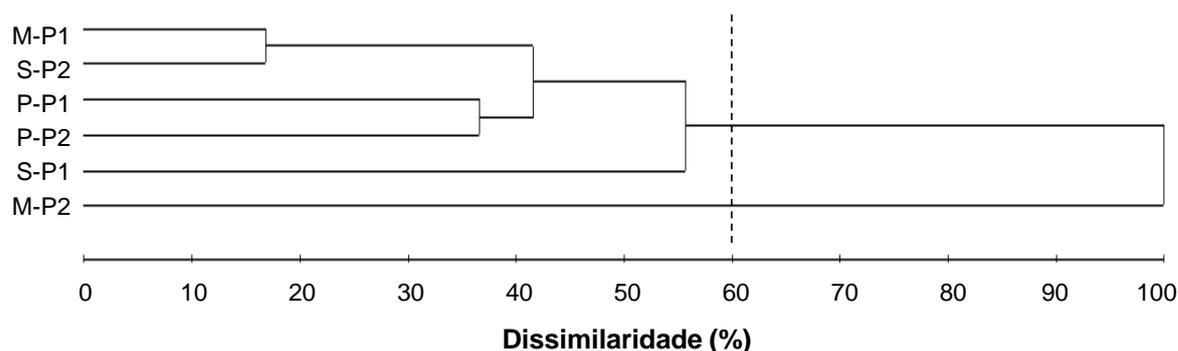


Figura 5. Dissimilaridade entre os sistemas de manejo, obtida pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando-se a distância de Mahalanobis, com base nos atributos químicos do solo. Letras antes do traço referem-se ao tipo de manejo, e depois do traço à profundidade do solo. P: pastagem de *Brachiaria brizantha*; S: seringueira; M: fragmento de mata Atlântica. P1: 0-10 cm; e P2: 10-20 cm.

Nota-se que o fragmento de mata Atlântica na profundidade de 10 a 20 cm apresentou divergência entre as demais áreas avaliadas (Figura 5). Este isolamento da área de mata, verificado no agrupamento, ocorre em função da não reposição de nutrientes por meio das adubações, bem como a ausência de correção do solo, práticas estas utilizadas nas demais áreas avaliadas. No primeiro agrupamento formado é possível notar ainda a proximidade entre as áreas de pastagem nas duas profundidades, provavelmente influenciada pela presença de animais na área, com retorno de fezes e urina ao solo, promovendo ciclagem de nutrientes ao sistema.

A CTC a pH 7 (T) e o cálcio (Ca) foram os principais atributos químicos para separar os sistemas de manejo avaliados (Tabela 3), com contribuição relativa de 32,28 e 31,93%, respectivamente. Em seguida, a acidez potencial (H+Al) e a saturação de bases (V) apresentaram contribuição relativa de 9,37 e 6,04%, respectivamente.

A maior participação dos atributos químicos T, Ca, H+Al e V no agrupamento (Tabela 3), ocorrem em função do fragmento de mata Atlântica não ter recebido adubações e/ou correção de solo por meio de calcário, apresentando dessa forma maior acidez e níveis mais baixos de nutrientes, principalmente na profundidade de 10 a 20 cm. Ensinas et al. (2014) também verificaram aumento da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio, além de redução nos níveis de nutrientes em área de vegetação nativa.

Tabela 3. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade pelo método de Singh (1981), com base nos atributos químicos do solo.

Variável	Contribuição Relativa (%)	% Acumulada
T	32,28	32,28
Ca	31,93	64,21
H+Al	9,37	73,58
V	6,04	79,62
Mg	3,58	83,21
Al	3,39	86,59
Zn	2,96	89,56
K	2,80	92,36
SB	2,28	94,64
Na	1,43	96,07
Mn	1,34	97,41
pH	1,27	98,68
B	0,44	99,12
P	0,43	99,55
Fe	0,23	99,78
Cu	0,14	99,93
S	0,07	100,00

CTC a pH 07 (T), cálcio (Ca), acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V), magnésio (Mg), alumínio (Al), zinco (Zn), potássio (K), soma de bases (SB), sódio (Na), manganês (Mn), acidez (pH), boro (B), fósforo (P), ferro (Fe), cobre (Cu), e enxofre (S).

O fragmento de mata Atlântica apresentou níveis mais baixos de pH, K, Zn, Mn, Mg, SB e V no solo, quando comparados aos sistemas de cultivo de seringueira e pastagem (Figura 6), estando associado à reposição de nutrientes na área de seringueira e pastagem por meio das adubações e correção da acidez do solo por meio da calagem. Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com Ensinas et al. (2014), que também verificaram menores níveis de nutrientes e maior acidez no solo sob vegetação nativa, comparada aos sistemas de cultivo avaliados, atribuindo o aumento do pH nos sistemas cultivados à maior concentração de bases trocáveis, devido à fertilização e correção realizadas nessas áreas. Mazzeto et al. (2016), também relatam maior acidez do solo em áreas nativas, comparado às áreas agrícolas e pastagem avaliadas.

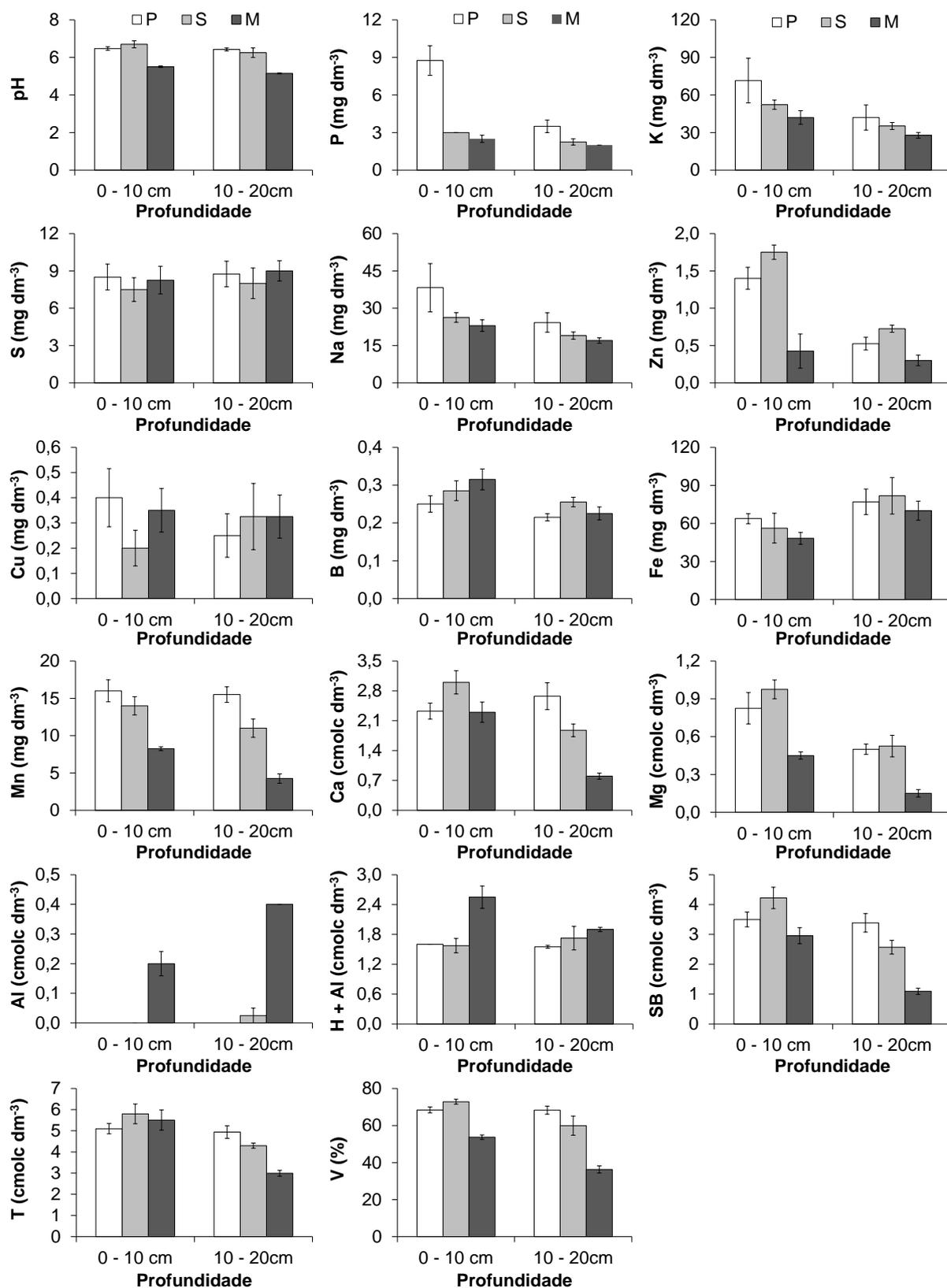


Figura 6. Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm em área de pastagem (P), seringueira (S), e mata (M), onde, acidez (pH), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), sódio (Na), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC a pH 07 (T), e saturação por bases (V). Jaguaré-ES.

Nota-se uma tendência de maiores níveis de Na na área de pastagem (Figura 6). Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que causa maiores danos as plantas, com efeito na nutrição mineral, decorrentes principalmente da toxicidade dos íons em razão da absorção excessiva do Na^+ e Cl^- , e do desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção ou distribuição dos nutrientes (YAHYA, 1998).

Observa-se na área de seringueira e pastagem teores nulos de alumínio (Al) no solo, assim como teores mais baixos de acidez potencial (H+Al) na profundidade de 0 a 10 cm, comparados à área de mata (Figura 6), estando associados aos valores de pH mais elevados observados nessas áreas, reduzindo a disponibilidade de Alumínio. De acordo com Ensinas et al. (2014), solos cultivados que recebem corretivos agrícolas retiram estes elementos dos coloides do solo e libera-os para a solução, os quais são neutralizados pela hidroxila proveniente do CaCO_3 . Isto evidencia que os sistemas de manejo e as adubações e correções realizadas foram eficientes em reduzir a toxidez que esse elemento pode causar às plantas, pois de acordo com Sousa et al. (2007), concentrações elevadas de Al podem restringir o sistema radicular das culturas, prejudicando a absorção de água e nutrientes, e refletindo em menores produtividades.

A CTC do solo não apresentou diferença expressiva entre os sistemas de manejo na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 6). A matéria orgânica apresenta grande importância na elevação da CTC do solo, sendo que em solos tropicais, com a fração argila dominada por caulinita e oxi-hidróxidos de Fe e Al a contribuição é ainda maior, principalmente quando em baixos teores de argila (SILVA e MENDONÇA, 2007). Desse modo, a semelhança na CTC do solo entre o fragmento de mata Atlântica e os sistemas cultivados, pode estar relacionada aos níveis de COT verificados (Figura 4).

Conclusões

As adoções de sistemas de manejo com seringueira ou pastagem, nas condições estudadas, apresentaram pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo em relação ao fragmento de mata Atlântica, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada a produção agropecuária.

Os atributos microbiológicos do solo apresentaram alteração pouco expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a frequente ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas.

O manejo adotado nos sistemas de cultivo com seringueira ou pastagem proporcionaram redução da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio do solo, além de elevarem os teores de potássio, zinco, manganês, magnésio, soma de bases e saturação por bases.

Referências

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.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, n.2, p.251-255, 1990.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.

BATISTA, Q.R.; FREITAS, M.S.M.; MARTINS, M.A.; SILVA, C.S. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e sabiá. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.146-154, 2009.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.17, p.837-842, 1985.

BROWN, G.G.; SAUTTER, K.D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1-9, 2009.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.34, p.277-290, 2010.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CUNHA, E.D.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.D.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.603-611, 2011.

DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; VIVALDI, L.J.; ALENCAR, C.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. Alterações microbianas e químicas de um gleissolo sob macaubeiras nativas em função da variação sazonal e espacial. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.750-762, 2014.

ENSINAS, S.C.; MARCHETTI, M.E.; SILVA, E.F.; POTRICH, D.C.; MARTINEZ, M.A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science and Technology**, v.07, n.02, p.24-36, 2014.

ESPÍNDULA, J.A.A.; ALMEIDA, D.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v.8, p.104-113, 2001.

EVANGELISTA, C.R.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, E.P.B.; PIRES, F.R. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1549-1562, 2013.

FERREIRA, E.P.B.; SANTOS, H.P.; COSTA, J.R.; POLLI, H.; RUMJANEK, N.G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p.177-183, 2010.

FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.1, p.22-31, 2017.

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado, soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.135, p.161-167, 2010.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.893-901, 2005.

HAMARASHID, N.H.; OTHMAN, M.A.; HUSSAIN, M.A.H. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. **The Egyptian Journal of Experimental Biology**, v.6, n.1, p.59-64, 2010.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, n.3, p.209-213, 1976.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, S.F.; GASPARINE, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

MALUCHE-BARRETA, C.R.D.; KLAUBERG FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p.655-665, 2007.

MAZZETTO, A.M.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Bragantia**, v.75, n.1, p.79-86, 2016.

MIRANDA, O.F. **Atributos foliares e custos de construção de folhas de clones de seringueira**. 2010. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NEGASH, M.; STARR, M. Biomass and soil carbon stocks of indigenous agroforestry systems on the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia. **Plant Soil**, v.393, p.95-107, 2015.

NUNES, L.A.P.L.; DIAS, L.E.; BARROS, I.J.N.F.; KASUYA, M.C.M.; CORREIA, E.F. Impacto do Monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, v.39, p.2467-2474, 2009.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: Elsevier Science, 1994. p.3-12.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, E.P.B.; VIANA, A.P.; MARTINS, M.A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.43, p.847-864, 2012.

PIAO, H.C.; HONG, Y.T.; YUAN, Z.Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, n.4, p.294-297, 2000.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, F.C. (Org). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.6, p.275-374.

SILVA, R.R.D.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.D.S.; CURI, N.; ALIVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1585-1592, 2010.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; FEIGEL, B.J.; VENZKE FILHO, S.P.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.5, p.205-274.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, n.3, p.337-343, 1988.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

VEIGA, M.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; PANDOLFO, C.M. Solos manejados em Sistema de integração lavoura-pecuária: aspectos econômicos e ecológicos, com ênfase para a compactação do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p.279-305.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution on sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.2, p.1439-1451, 1998.

ZAKE, J.; PIETSCH, S.A.; FRIEDEL, J.K.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Can agroforestry improve soil fertility and carbon storage in smallholder banana farming systems?. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.178, p.237-249, 2015.

2. CONCLUSÕES GERAIS

Os atributos microbiológicos do solo não apresentaram alteração expressiva quanto às épocas avaliadas, evidenciando que a ocorrência de maiores valores no verão está associada às altas precipitações aliada às altas temperaturas.

A adoção de sistemas de manejo com café e seringueira em consórcio ou em monocultivo, e pastagem de *Brachiaria brizantha*, nas condições estudadas, apresentaram pouca alteração nos atributos microbiológicos do solo, mostrando-se como alternativas viáveis para promover a sustentabilidade do solo, aliada a produção agropecuária.

Os atributos químicos do solo variam independente dos atributos microbiológicos nos sistemas de manejo avaliados, sendo mais influenciados pelas adubações e correções do solo, de modo que nem sempre áreas com melhores atributos químicos apresentarão melhores atributos microbiológicos.

REFERÊNCIAS

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.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, n.2, p.251-255, 1990.

ARAÚJO, A.V.; PARTELLI, F.L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J.R.M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.700-709, 2016.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-649, 1998.

BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled $[14C]$ glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, n.6, p.727-733, 1994.

BATISTA, Q.R.; FREITAS, M.S.M.; MARTINS, M.A.; SILVA, C.S. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e sabiá. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.146-154, 2009.

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional-tillage and no-tillage soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, n.3, p.787-795, 1994.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to

measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.17, p.837-842, 1985.

BROWN, G.G.; SAUTTER, K.D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1-9, 2009.

BUNN C.; LÄDERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, p.89-101, 2015.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.34, p.277-290, 2010.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.

CHEN, Y.; LEE, P.; LEE, G.; MARIKO, S.; OIKAWA, T. Simulating root responses to grazing of a Mongolian grassland ecosystem. **Plant Ecology**, v.183, p.265-275, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília: CONAB, v.4, n.1, 2017. 98p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017.pdf. Acesso em: 22 jan. 2017.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; BRAUN, H.; RONCHI, C.P. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.535-545, 2016.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CUNHA, E.D.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.D.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.603-611, 2011.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, p.357-377, 2011.

DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; VIVALDI, L.J.; ALENCAR, C.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. Alterações microbianas e químicas de um gleissolo sob macaubeiras nativas em função da variação sazonal e espacial. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.750-762, 2014.

ENSINAS, S.C.; MARCHETTI, M.E.; SILVA, E.F.; POTRICH, D.C.; MARTINEZ, M.A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science and Technology**, v.07, n.02, p.24-36, 2014.

ESPÍNDULA, J.A.A.; ALMEIDA, D.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v.8, p.104-113, 2001.

EVANGELISTA, C.R.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, E.P.B.; PIRES, F.R. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1549-1562, 2013.

FERREIRA, E.P.B.; SANTOS, H.P.; COSTA, J.R.; POLLI, H.; RUMJANEK, N.G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p.177-183, 2010.

FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.1, p.22-31, 2017.

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado, soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.135, p.161-167, 2010.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.893-901, 2005.

HAMARASHID, N.H.; OTHMAN, M.A.; HUSSAIN, M.A.H. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. **The Egyptian Journal of Experimental Biology**, v.6, n.1, p.59-64, 2010.

ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Historical data on the Global coffee trade**. ICO, 2017. Disponível em: http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics. Acesso em: 22 jan. 2017.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

IWATA, B.F.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L.P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.730-738, 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, n.3, p.209-213, 1976.

LAMMEL, D.R.; AZEVEDO, L.C.B.; PAULA, A.M.; ARMASA, R.D.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Microbiological and faunal soil attributes of coffee cultivation under different management systems in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.75, n.4, p.894-905, 2015.

LEITE, L.F.C.; IWATA, B.F.; ARAÚJO, A.S.F. Soil organic matter pools in a tropical savanna under agroforestry system in northeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.38, p.711-723, 2014.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

MALUCHE-BARRETA, C.R.D.; KLAUBERG FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p.655-665, 2007.

MARTINS, M.Q.; RODRIGUES, W.P.; FORTUNATO, A.S.; LEITÃO, A.E.; RODRIGUES, A.P.; PAIS, I.P.; MARTINS, L.D.; SILVA, M.J.; REBOREDO, F.H.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.J.C.; DaMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Protective Response Mechanisms to Heat Stress in Interaction with High [CO₂] Conditions in *Coffea* spp. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1-18, 2016.

MAZZETTO, A.M.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Bragantia**, v.75, n.1, p.79-86, 2016.

MIRANDA, O.F. **Atributos foliares e custos de construção de folhas de clones de seringueira**. 2010. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NEGASH, M.; STARR, M. Biomass and soil carbon stocks of indigenous agroforestry systems on the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia. **Plant Soil**, v.393, p.95-107, 2015.

NOTARO, K.A.; MEDEIROS, E.V.; DUDA, G.P.; SILVA, A.O.; MOURA, P.M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v.71, n.2, p.87-95, 2014.

NUNES, L.A.P.L.; DIAS, L.E.; BARROS, I.J.N.F.; KASUYA, M.C.M.; CORREIA, E.F. Impacto do Monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, v.39, p.2467-2474, 2009.

NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; MARTINHÃO, D. SOUSA, G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de Cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.4, p.1407-1419, 2011.

OLIOSI, G.; GILES, J.A.D.; RODRIGUES, W.P.; RAMALHO, J.C.; PARTELLI, F.L. Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem. var. Australis). **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.4, p.528-538, 2016.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: Elsevier Science, 1994. p.3-12.

PARTELLI, F.L.; ARAÚJO, A.V.; VIEIRA, H.D.; DIAS, J.R.M.; MENEZES, L.F.T.; RAMALHO, J.C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.872-881, 2014.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, E.P.B.; VIANA, A.P.; MARTINS, M.A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.43, p.847-864, 2012.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; FERRARI, W.R.; PEZZOPANE, J.E.M. Alterações microclimáticas em cultivo de café Conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p. 865-871, 2011.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M.; PEZZOPANE, J.E.M. Condições microclimáticas em cultivo de café Conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v.40, p.1-7, 2010.

PIAO, H.C.; HONG, Y.T.; YUAN, Z.Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, n.4, p.294-297, 2000.

PRADO, M.R.V.; RAMOS, F.T.; WEBER, O.L.S.; MÜLLER, C.B. Organic carbon and total nitrogen in the densimetric fractions of organic matter under different soil management. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.263-273, 2016.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO,

J.C. Long-term elevated air [CO₂] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v.22, p.415-431, 2016.

SALGADO, B.G.; MACEDO, R.L.G.; ALVARENGA, M.I.N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.343-349, 2006.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, F.C. (Org). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.6, p.275-374.

SILVA, R.R.D.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.D.S.; CURI, N.; ALIVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1585-1592, 2010.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; FEIGEL, B.J.; VENZKE FILHO, S.P.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.5, p.205-274.

SOUZA, E.D.; ANDRADE, E.V.G.C.; ANGHINONI, I.; VENSKE, C.S.L.; CARVALHO, P.C.F.; POSSELT, A.M. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidade de pastejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, H.N.; GOEDE, R.G.M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I.M.; DUARTE, E.M.G.; FERNANDES, R.B.A.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic

Rainforest biome. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.146, p.179-196, 2012.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, n.3, p.337-343, 1988.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: Genesis, composition, reactions. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496p.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

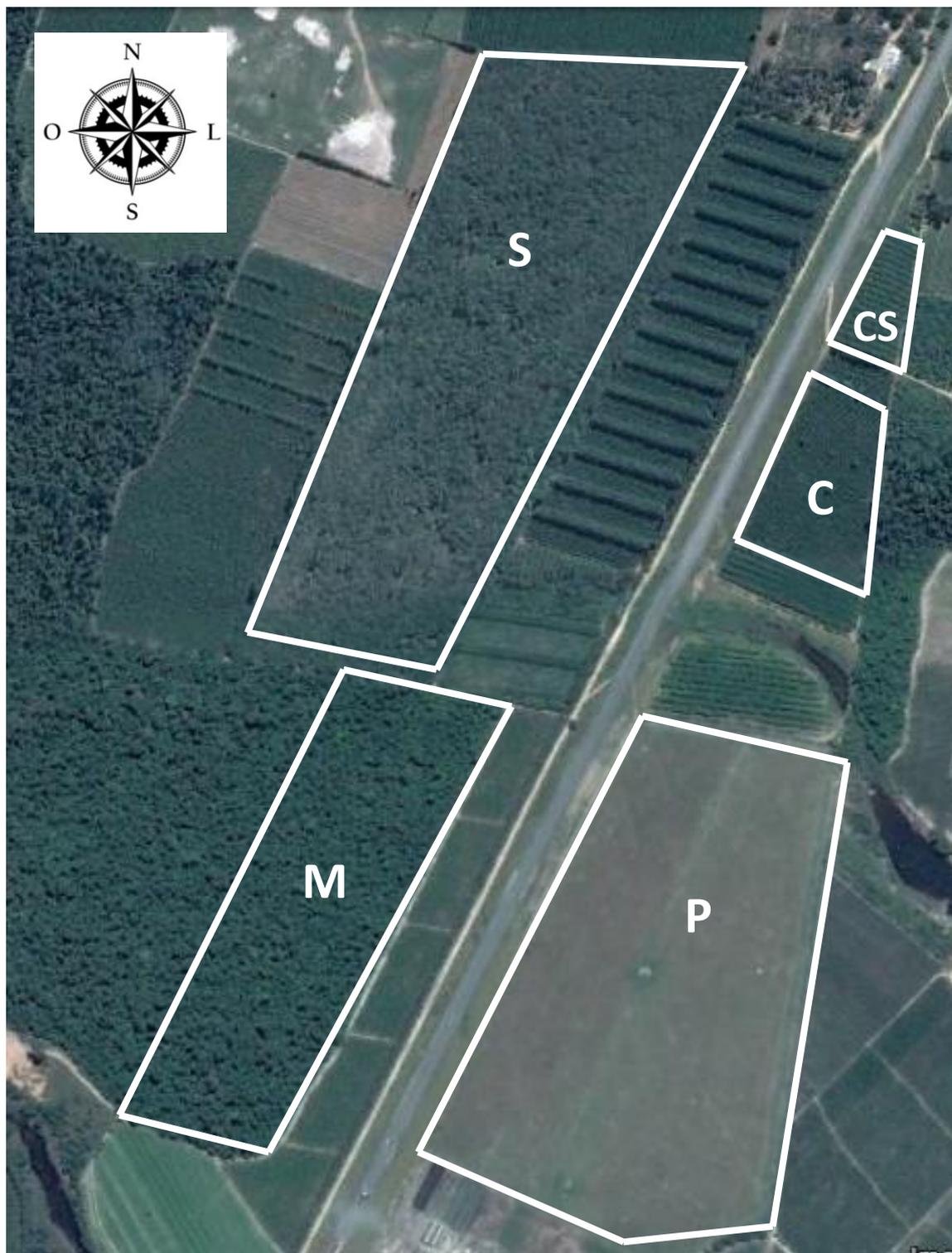
VEIGA, M.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; PANDOLFO, C.M. Solos manejados em Sistema de integração lavoura-pecuária: aspectos econômicos e ecológicos, com ênfase para a compactação do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p.279-305.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution on sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.2, p.1439-1451, 1998.

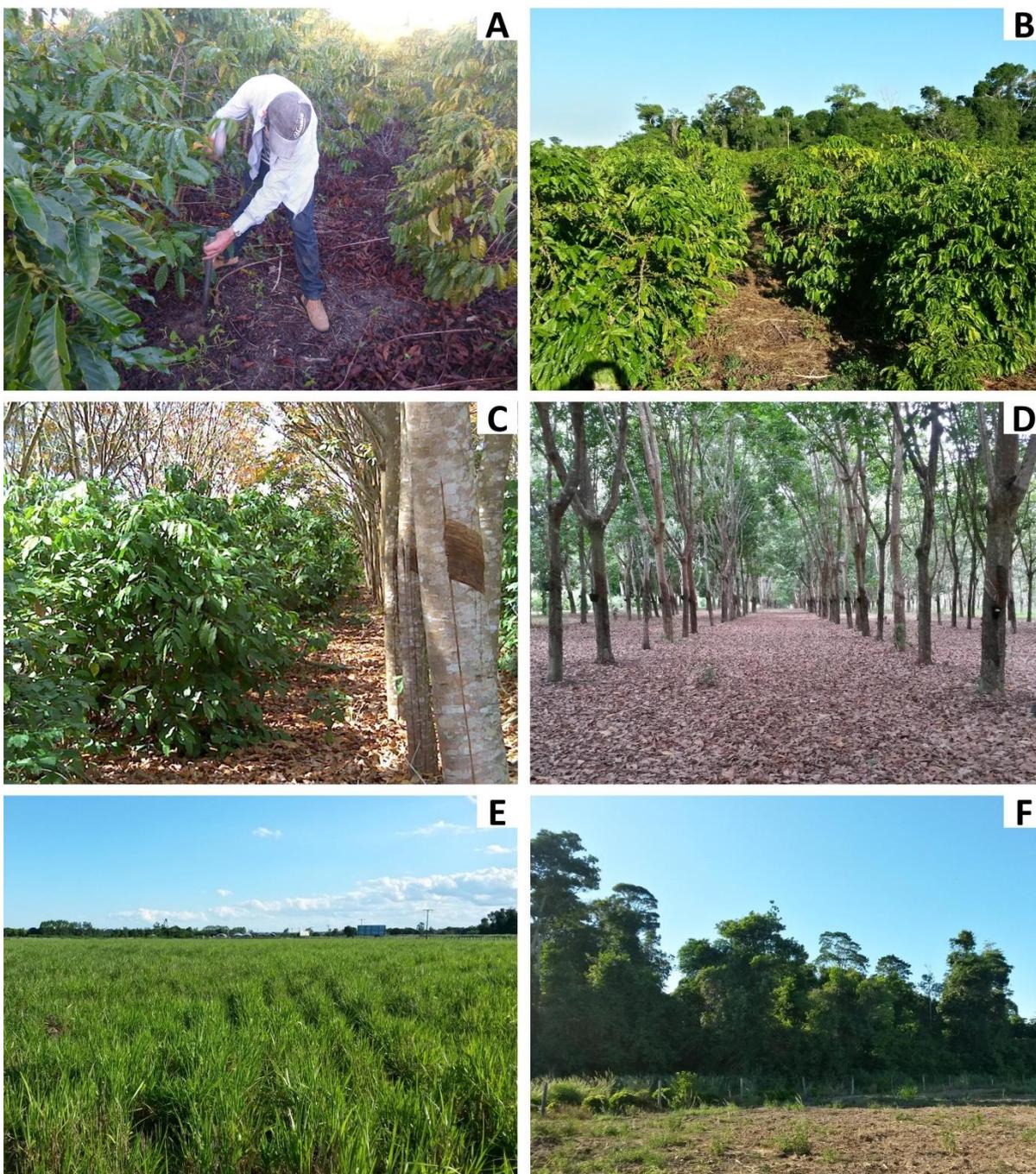
ZAKE, J.; PIETSCH, S.A.; FRIEDEL, J.K.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Can agroforestry improve soil fertility and carbon storage in smallholder banana farming systems?. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.178, p.237-249, 2015.

ZIBILSKE, L.M.; BRADORD, J.M.; SMART, J.R. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. **Soil and Tillage Research**, v.66, n.2, p.153-163, 2002.

APÉNDICE



Apêndice 1. Vista aérea dos sistemas de manejo avaliados, onde: área de café Conilon em monocultivo (C); café Conilon consorciado com Seringueira (CS); Seringueira em monocultivo (S); pastagem de *Brachiaria brizantha* (P); fragmento de mata Atlântica (M).



Apêndice 2. Coleta de solo com trado tipo sonda para a realização das análises químicas e microbiológicas (A); área de café Conilon em monocultivo (B); café Conilon consorciado com Seringueira (C); Seringueira em monocultivo (D); pastagem de *Brachiaria brizantha* (E); fragmento de mata Atlântica (F).