



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SELVIN ANTONIO SARAIVA MALDONADO

**QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA DE PASTAGEM CONVERTIDA AO
CULTIVO DE DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS
INTERCALARES**

Boa Vista - RR
2017



SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO

QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA DE PASTAGEM CONVERTIDA AO CULTIVO DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS INTERCALARES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa Roraima, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Centeno Cordeiro.

Co-orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo.

Boa Vista - RR
2017

SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO

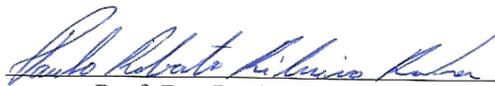
QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA DE PASTAGEM CONVERTIDA AO CULTIVO DE
DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS INTERCALARES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em
parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para
obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Produção Vegetal.

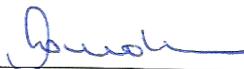
Aprovado: 14 de julho de 2017.



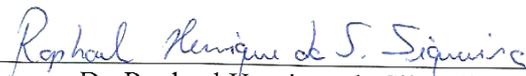
Pesquisador Dr. Antonio Carlos Centeno Cordeiro
Orientador – Embrapa Roraima



Prof. Dr. Paulo Roberto Ribeiro Rocha
UFRR



Profa. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa
UFRR



Dr. Raphael Henrique da Silva Siqueira
PNPD/CAPES

A Deus, pai celestial
A minha mãe, Benita Maldonado, minha força e exemplo
Ao meu padrasto Porfirio Gutiérrez, meu amigo e apoio
Aos meus irmãos, Wilmer, Lety e Gisela, minha inspiração
A minha Filha, Celeste Saravia, meu todo

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

Meu Deus, pai celestial, eu te agradeço pela vida, pela concessão de potencialidades que me foram despertadas e por manter-me sempre firmes para enfrentar os desafios.

A minha mãe Benita Maldonado, pelo seu eterno e sincero amor, positivismo, plena de bondade, vontade e apoio incondicional, por ter apostado sempre nos meus estudos.

Ao meu padrasto Porfirio Gutiérrez Ventura, pela amizade, incentivo e apoio.

Aos meus irmãos, Wilmer Maldonado, Lety Carolina Maldonado e Seily Gisela Maldonado, pelo seu amor, carinho e apoio.

A minha filha Celeste Saravia, por se transformar no meu motor de energia, naqueles momentos difíceis.

Agradecer ao programa OEA, por terem-me escolhido e permitir traspasar fronteiras para que eu estivesse aqui.

À Universidade Federal de Roraima (UFRR) por brindar-me a oportunidade de aprendizagem e formação profissional.

Ao programa de Pós-Graduação (POSAGRO), pela oportunidade de qualificação.

À (PAEC OEA-GCUB), Programa de Alianças para a Educação e a Capacitação (PAEC) entre a Organização dos Estados Americanos (OEA) e o Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB), pelo fornecimento da bolsa de estudos.

Ao projeto Pró-Amazônia/CAPES, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto da minha pesquisa.

À Universidad Nacional de Agricultura (UNA-HONDURAS), por permitir-me vir ao Brasil para obter novos conhecimentos e poder praticá-los e desenvolve-los ao voltar.

À Embrapa-Roraima e colaboradores pela logística e apoio na realização dos trabalhos de campo.

Aos professores Dr. Antônio Carlos Centeno Cordeiro; Dr. Valdinar Ferreira Melo; Dr. Raphael Henrique da Silva Siqueira; pelo seu apoio, orientação, paciência e principalmente pela amizade e confiança em mim depositada para que eu desenvolvesse este trabalho.

Aos honoráveis membros da banca avaliadora, professores; Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa, Dr. Paulo Roberto Ribeiro Rocha.

Aos professores do mestrado de química, Dr. Antônio Alves de Melo Filho; Dr. Habel Nasser Rocha da Costa e MSc. Pedro Rômulo Estevam Ribeiro; pela sua amizade, carinho, confiança e por abrirem-me as portas do mestrado para que eu ficasse a vontade para trabalhar.

A todo o brilhante elenco de professores da Universidade Federal de Roraima, pela sua amizade, exigências e pelos ensinamentos.

À família NUPAGRI, especialmente minha querida professora MSc. Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte; MSc. Luciana Barros; MSc. e técnica do laboratório Semiramys Moreira, pelo sua amizade, carinho, conselhos e apoio logístico.

Aos contemporâneos, amigos e colegas de mestrado, especialmente, Pedro Henrique Santos de Menezes e Augusto Cesar Falcão Sampaio, pela agradável convivência nessa fase maravilhosa de nossas vidas, são nos pequenos gestos que Deus se manifesta.

Aos meus amigos, Edgley Soares, João Monteiro e Fernanda Ramalho, pela sua amizade e apoio.

Ao MSc. Admar Bezerra Alves da Embrapa-Roraima, pelo seu apoio através de comentários e sugestões.

Ao pessoal técnico de campo da Embrapa-Roraima, principalmente o Valdivino, pela sua amizade e ajuda nos trabalhos realizados em campo.

A meu amigo e secretário do POSAGRO Ismael Costa, pela sua amizade e ajuda.

A meu bom amigo Ricardo Bardales, pela sua amizade, conselhos e apoio na parte de estatística.

Agradecimento muito especial aos meus amigos, o espanhol Ismael Montero Fernández e meu conterrâneo Jorge Zamir Erazo Amaya, pela sua amizade, pelo apoio, incentivo e por compartilharem comigo momentos alegres, tristes e difíceis, amigos de luta, amigos em vitória.

A todos aqueles que comungaram risos, conquistas e êxito, contribuindo de forma direta e indiretamente na realização do meu trabalho, Deus esteja sempre com todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

“O que mais te surpreende na humanidade?
Os homens...
Porque perdem a saúde para juntar dinheiro,
depois perdem dinheiro para recuperar a saúde.
E por pensarem ansiosamente no futuro,
esquecem do presente de tal forma
que acabam por não viver
nem o presente nem o futuro.
Vivem como se nunca fossem morrer
e morrem como se nunca tivessem vivido”
DALAI LAMA

RESUMO GERAL - O dendezeiro é uma cultura que tem grande potencial econômico, uma vez que seu potencial produtivo é extremamente elevado, sendo cultivada em diversos países da Ásia, África e na América. No Brasil o seu cultivo se concentra em apenas algumas regiões, distribuídas principalmente no Nordeste e Norte do país. No entanto, apesar das poucas áreas com cultivo comercial, a palma de óleo apresenta potencial de plantio devido à vantagem de poder intercalar diferentes espécies, com ênfase na recuperação de áreas alteradas e de fragmentos florestais. Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho estudar a qualidade do solo em sistema de pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), sob culturas intercalares, estabelecidas em uma área experimental da Embrapa, no município de São João da Baliza, Boa Vista - RR, vicinal 26, Km 12, com coordenadas geográficas de referência 00° 51' 13,3" N e 60° 00' 19,8" W e, uma altitude de 100 m, instalado sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo. Os sistemas de plantio tinham dimensões de 36 x 39 m conformando uma área total de 1.404 m² por parcela. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições para as análises químicas e físicas, inteiramente casualizado com 4 repetições para as análises microbiológicas e bioquímicas. Os tratamentos consistiram de 5 sistemas intercalados com dendê, sendo: 1) intercalado com pasto, *Brachiaria humidicola* (DP); 2) abacaxi, Cv. Vitória (DA); 3) feijão-caupi, Cv. Guariba (DF); 3) banana, Cv. Japira (DB); 4) mandioca, Cv. Amazonas (DM) e 5) pasto, *Brachiaria humidicola* (PS). Os atributos físico-químicos foram avaliados nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, e na camada 0-0,10 m para os atributos microbiológicos e bioquímicos. Constatou-se textura mais argilosa para os sistemas DM, DB e PS que por sua vez apresentaram maior formação e estabilização de agregados denotados por altos índices de DMG, DMP e IS, abrangendo tudo isto, em condições de macro e microporos equilibrados, aumento na porosidade total e diminuição da densidade do solo. Enquanto para os atributos químicos constataram-se os maiores valores de pH, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e, a diminuição do Al³⁺, nos sistemas intercalares DM, DF para todas as camadas avaliadas e, com altos teores no complexo sortivo SB, CTCt e V. A área PS apresentou baixa fertilidade, originado de suas condições naturais. Enquanto, os sistemas que exibiram os melhores resultados e que mais contribuíram para melhorar as condições microbiológicas do solo foram PS, DP e DM, influenciando positivamente nas variáveis C-BMS, qCmic e atividade enzimática da β-glucosidase, urease e fosfatase ácida.

Palavra chaves: Palma de óleo. Agricultura familiar. Atributos do solo. Amazônia.

SUMMARY: The oil palm is a crop that has great economic potential, since its productive potential is extremely high, being cultivated in several countries of Asia, Africa and America. In Brazil, its cultivation is concentrated in only a few regions, distributed mainly in the Northeast and North of the country. However, in spite of the few areas with commercial cultivation, the oil palm presents potential of planting due to the advantage of being able to intercalate different species, with emphasis on the recovery of altered areas and forest fragments. The objective of this work was to study the soil quality in a pasture system converted to palm oil (*Elaeis guineenses* Jacq.), Under intercropping, established in an experimental area of Embrapa, in the municipality of São João da Baliza, Boa Vista - RR, vicinal 26, Km 12, with geographic reference coordinates 00° 51' 13,3"N and 60° 00' 19,8"W and an altitude of 100 m, installed on a Red-Yellow Argisol. The planting systems had dimensions of 36 mx 39 m, forming a total area of 1,404 m². The experimental design was completely randomized, in a subdivided plots scheme with 4 replicates for the chemical and physical analyzes, and completely randomized with 4 replicates for the microbiological and biochemical analyzes. The treatments consisted of 5 systems intercalated with palm, being: 1) intercalated with grass, *Brachiaria humidicola* (DP); 2) pineapple, Cv. Victory (DA); 3) Cowpea, Cv. Guariba (DF); 3) banana, Cv. Japira (DB); 4) cassava, Cv. Amazonas (DM) and 5) grass, *Brachiaria humidicola* (PS). The physical and chemical attributes were evaluated in the layers 0-0.10; 0.10-0.30 and 0.30-0.50 m and in the 0-0.10 m layer for the microbiological and biochemical attributes. It was found a heavier granulometry for the DM, DB and P systems which in turn presented higher formation and stabilization of aggregates denoted by high DMG, DMP and IS indexes, covering all this, under balanced macro and micropore conditions, increases in total porosity and decrease of soil density. The highest values of pH, exchangeable Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ and the decrease of Al³⁺ in the DM e DF intercalations systems were observed for all the layers evaluated, with high levels in the sorption complex, SB, CTCt and V. The area PS presented low fertility, originating from its natural conditions. Meanwhile, the systems that showed the best results and that contributed most to improve the soil microbiological and biochemical conditions were PS, DP and DM, positively influencing variables C-BMS, qCmic and the enzymatic activities of β -glucosidase, urease and acid phosphatase.

Key words: Oil palm. Family farming. Attributes of soil. Amazon

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3. JUSTIFICATIVA	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO GERAL	18
4.1. Aumento dos desmatamentos e áreas degradadas	18
4.2. Sistemas Agroflorestais (SAF's)	19
4.2.1. Culturas intercalares.....	20
4.2.2. A cultura do dendê (<i>Elaeis guineenses</i> Jacq.)	21
4.2.3. Qualidade química do solo influenciada pelas culturas intercalares	22
4.2.4. Importância das culturas intercalares nos atributos físicos do solo.	22
4.2.5. Influência das culturas intercalares na microbiologia do solo	23
4.2.6. Importância da atividade enzimática nos sistemas intercalares -.....	23
5. MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1. Localização da área de experimental	25
5.2. Solo, vegetação e clima da área de estud	25
5.3. Histórico da área avaliada.....	26
5.3.2. Descrição das culturas intercalares.....	27
5.3.2.1.Dendê intercalado com pastagem (DP) -.....	28
5.3.2.2.Dendê intercalado com abacaxi (DA)	28
5.3.2.3.Dendê intercalado com feijão-caupi (DF)	28
5.3.2.4.Dendê intercalado com banana (DB)	28
5.3.2.5.Dendê intercalado com mandioca (DM).....	29
5.3.2.6.Pastagem solteira (PS)	29
5.4. Delineamento experimental	29
5.5. Amostragem e tratamento das amostras	30
6. ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO	30
7. ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO	32
8. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO SOLO	32
9. ANÁLISE ESTATÍSTICA	35

CAPITULO 01

10. INTRODUÇÃO	38
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
11.1. Composição granulométrica, índice de floculação (IF) e grau de dispersão (GD).....	40
11.2. Macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) e densidade do solo (Ds)	45
11.3. Estabilidade de agregados (EA)	50
11.4. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e Índice de sensibilidade (IS)	53
11.5. Análises de Correlação de Pearson.....	56
11.6. Análises de componentes principais (ACP).....	59
12. CONCLUSÕES	63

CAPITULO 02

13. INTRODUÇÃO	66
14. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
14.1. pH, fósforo disponível (P-disp), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), acidez trocável (Al^{3+}) e, a acidez potencial (H+Al).....	69
14.2. Condutividade elétrica do solo (CEs), cátions trocáveis Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e, a soma de bases (SB).....	77
14.3. Capacidade de troca catiônica total (CTCT), efetiva (CTCt), saturação por bases (V) e alumínio (m).....	84
14.4. Micronutrientes (Zn^{2+} , Fe^{3+} e Mn^{2+}).....	89
14.5. Análises de correlação de Pearson.....	93
14.6. Análises de componentes principais (ACP).....	99
15. CONCLUSÕES	104

CAPITULO 03

16. INTRODUÇÃO	107
17. RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
17.1. Valores de respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e, o quociente do carbono microbiano ($qCmic$).....	109
17.2. Atividade da β -glucosidase, urease e fosfatase ácida.....	115
17.3. Análises de correlação de Pearson.....	119
17.4. Análises de componentes principais (ACP).....	121
18. CONCLUSÕES	123
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICES	153

LISTA DE TABELAS

GERAIS

Tabela 1 - Atributos químicos da área experimental, antes da implantação dos sistemas produtivos em função da profundidade de amostragem, São João da Baliza - RR, 2012. ----- 26

Tabela 2 - Programa de adubação de cobertura (g por planta) para o cultivo de dendê, entre o primeiro e terceiro ano (início da produção). ----- 27

CAPITULO 01

Tabela 3 - Valores de areia, silte, argila, índice de floculação (IF) e grau de dispersão (GD), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. 40

Tabela 4 - Valores de macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume de poros totais (VPT) e densidade do solo (Ds), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 45

Tabela 5 - Valores de das distribuições das classes e tamanho dos agregados, em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 50

Tabela 6 - Valores de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS) em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 53

Tabela 7 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 56

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,10-0,30 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 57

Tabela 9 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,30-0,50 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 58

CAPITULO 02

Tabela 10 - Valores de pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), fósforo disponível (P-disp), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 69

Tabela 11 - Valores da condutividade elétrica do solo (CEs), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e a soma de bases (SB), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 77

Tabela 12 - Valores da capacidade de troca catiônica total (CTCT), capacidade de troca catiônica efetiva (CTCt), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. 85

Tabela 13 - Valores dos micronutrientes zinco (Zn^{2+}), ferro (Fe^{3+}) e manganês (Mn^{2+}), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 89

Tabela 14 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 94

Tabela 15 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,10-0,30 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 96

Tabela 16 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,30-0,50 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 98

CAPITULO 03

Tabela 17 - Valores de respiração basal do solo acumulada em 24 dias (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e o quociente do carbono microbiano ($qCmic$), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 109

Tabela 18 - Atividade da β -glucosidase, urease e fosfatase ácida, em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.----- 115

Tabela 19 - Correlação de Pearson entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017. ----- 119

LISTA DE FIGURAS

GERAIS

Figura 1 - a) Mapa da divisão política do Brasil; b) Localização do Estado de Roraima; c) Localização de São João da Baliza.25

Figura 2 - Representação esquemática das parcelas.27

CAPITULO 01

Figura 3 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0-0,10 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).59

Figura 4 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0,10-0,30 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).60

Figura 5 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0,30-0,50 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).61

CAPITULO 02

Figura 6 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0-0,10 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).100

Figura 7 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0,10-0,30 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).101

Figura 8 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0,30-0,50 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).102

CAPITULO 03

Figura 9 - Distribuição das variáveis originais entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos na camada 0-0,10 m, sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2)....121

1. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura familiar tem se diversificado para atender a crescente demanda por alimentos, produtos bioenergéticos e fibras, visando à necessidade de alternativas de produção com fins comerciais e de subsistência, que se adaptem à diversidade dos ecossistemas locais e das formas de produção rural, levando em conta a diversidade dos aspectos econômicos, ambientais e socioculturais da sustentabilidade. Contudo, na Amazônia legal, reverte-se ainda de maior importância.

Dentro dos sistemas de produção sustentáveis, temos os Sistemas Agroflorestais (SAF's) que podem ser definidos como técnicas alternativas de uso da terra, que implicam na combinação de espécies florestais com culturas agrícolas, atividades pecuárias ou ambas (UMRANI; JAIN, 2010). Essas combinações podem ser simultâneas ou escalonadas no tempo e espaço, e de caráter temporário ou permanente, e são uma alternativa viável (ALBUQUERQUE et al., 2012) sendo os modelos de exploração que mais se aproximam e imitam ecologicamente a uma floresta natural (PALEDO; COSTABEBER, 2012), adaptadas às condições tropicais da região (LOSS et al., 2009).

Os SAF's têm sido recomendados para regiões tropicais devido aos seus benefícios sociais, econômicos e ambientais, englobando práticas agroecológicas com papel fundamental nos processos ecológicos. Tais benefícios estão geralmente relacionados à capacidade de sequestro de carbono da atmosfera, ciclagem adequada de água e nutrientes, e melhoria da qualidade do solo mantendo em condições de equilíbrio a flora e fauna em comparação com os sistemas de monoculturas anuais ou perenes, podendo representar uma combinação promissora de manejo sustentável de pequenas propriedades agrícolas (JUNQUEIRA et al., 2013).

Nesse contexto, na região amazônica a pecuária de corte expandiu-se rapidamente a partir de meados da década de 1960, com o aumento das áreas de pastagens plantadas e a consequente diminuição no uso das pastagens naturais (DIAS FILHO, 2015). Um cultivo inovador dentro das áreas de pastagem é a cultura de dendê devido ao seu grande potencial econômico, sendo o Estado de Pará, o maior produtor do Brasil, respondendo por mais de 60% da produção nacional (CHAVES et al., 2016).

No Estado de Roraima, os trabalhos de pesquisa, com enfoque em SAF's, iniciaram-se em 1995, com uma equipe multidisciplinar da Embrapa buscando oferecer modelos de SAF's produtivos e sustentáveis para os produtores rurais da região (ARCO-VERDE et al., 2009). Uma das alternativas propostas é a utilização de cultivos intercalares que visam à otimização da área, com uma ampla diversificação de produtos, maior segurança alimentar e a melhoria na fertilidade do solo.

Onde se plantam espécies de ciclo curto (cereais como milho e feijão, frutíferas como o abacaxi, banana, assim tubérculos como a mandioca) nas entrelinhas de cultivo de dendê, sendo que, além destas culturas apresentarem fácil comercialização, maior segurança alimentar, sustentabilidade ambiental, incremento na fertilidade do solo, proporcionam ao produtor uma renda extra e minimização dos custos de implantação da cultura principal, fazendo dos SAF's excelentes opções para a agricultura familiar (ARMANDO et al., 2002; SILVA et al., 2010).

Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho estudar a qualidade do solo em sistema de pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), sob culturas intercalares; (abacaxi, Cv. Vitória; feijão-caupi, Cv. Guariba; banana, Cv. Japira; mandioca, Cv. Amazonas e um sistema de *Brachiaria humidicola* implantado após desflorestamento), sendo avaliados os melhores sistemas para produção de dendê em área de agricultura familiar, procurando evidenciar a contribuição dos SAF's na conservação do solo, com reflexos nos indicadores de qualidade química, física e biológica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade do solo em sistema de pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), em fase inicial de desenvolvimento intercalado com culturas alimentares, em ambiente de floresta tropical no Sul do Estado de Roraima.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar a influência dos sistemas de cultivo de dendê intercalado com culturas alimentares e pastagem, nas alterações físicas do solo; macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) densidade do solo (Ds), textura (Tex), índice de floculação (IF), grau de dispersão (GD), estabilidade de agregados (EA), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS).

Avaliar a influência dos sistemas de cultivo de dendê intercalado com culturas alimentares e pastagem, nas alterações químicas e físico-químicas do solo: carbono orgânico total (COT), acidez ativa (H_2O), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), condutividade elétrica do solo (CEs), N-Total, fósforo disponível (P-disp), cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e os micronutrientes (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}).

Avaliar a influência dos sistemas de cultivo de dendê intercalado com culturas alimentares e pastagem, nas alterações microbiológicas do solo; carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2), quociente do carbono microbiano ($qCmic$), atividade das enzimas urease, fosfatase ácida e a β -glucosidase.

3. JUSTIFICATIVA

A degradação das pastagens é um problema de caráter agrônômico, social, econômico e ecológico de abrangência mundial. Sendo que na Amazônia, reverte-se ainda de maior importância, pois, as pastagens são, em sua maioria, formadas a partir da conversão de ambientes florestais em pasto. Tais transformações têm o potencial de afetar o ciclo do carbono, a ciclagem de nutrientes e a biodiversidade.

Entender o processo de degradação e/ou alteração das áreas de pastagens e suas causas nessa região é essencial para traçar estratégias de recuperação da

produtividade dessas áreas. Do ponto de vista ecológico, o principal benefício, é a recuperação de pastagens e redução da pressão de desmatamento sobre áreas de vegetação nativa. Do ponto de vista econômico, a recuperação da capacidade produtiva de áreas improdutivas e obtenção de renda.

A incorporação de áreas de pastagem degradadas e/ou alteradas a sistemas agrícola florestais, empregando palmeiras de dendê, é uma alternativa para aumentar e diversificar a produção rural. Para isso, é importante encontrar alternativas que reduzam o custo de implantação, já que cada planta de dendê demora três anos para iniciar sua produção. Assim, o uso de culturas intercalares poderia ser uma alternativa na viabilização econômica da implantação e manutenção desse sistema.

O dendê tem como principal produto o óleo extraído da polpa do fruto, conhecido industrialmente como *palm oil* (Palma de óleo), cuja demanda vem crescendo de forma acelerada e consistente há quase dez anos. As características especiais desse produto conferem-lhe grande versatilidade, no qual, possibilita sua aceitação por indústrias mundiais diversas.

A cultura do dendezeiro é, provavelmente, a de maior potencial de crescimento no mundo dentre as culturas de significado econômico. Nesse sentido, Lopes et al. (2015), verificaram que as culturas intercaladas ao cultivo de dendê, mostram-se como uma alternativa importante de segurança alimentar e ganhos de renda extra. Porém, há necessidade de se avaliar a qualidade dos atributos do solo (físicos, químicos, microbiológicos e bioquímicos), a fim de estabelecer quais são as melhores condições, bem como cultivos solteiros e intercalados.

4. REFERENCIAL TEÓRICO GERAL

4.1. Aumento dos desmatamentos e áreas degradadas

A região amazônica brasileira é caracterizada por apresentar ambientes com floresta natural e áreas em uso agropecuário, acontecendo intenso desmatamento e conversão das florestas para áreas de pastagens (NEVES JUNIOR, 2005; LIRA et al., 2006; SILVA et al., 2006), que em razão do manejo inadequado perdem produtividade após alguns anos de uso (MACIEL et al., 2009; NEVES JUNIOR et al., 2013), caracterizando-se como o principal passivo que compromete a sustentabilidade dos sistemas (SANTOS et al., 2011).

A degradação desses sistemas (naturais ou antrópicos) rompem um ciclo natural, dinâmico e em equilíbrio, com consequência nos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos (PEIXOTO, 2010). Com o passar do tempo essas práticas não sustentáveis tendem a piorar (MACIEL et al., 2009), intensificando o processo de depleção da fertilidade do solo de forma a inviabilizar as atividades agrícolas e pecuárias (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1994).

A degradação das pastagens pode afetar o ciclo do C, mudanças nos fatores bióticos, como: ocorrência de pragas e doenças e, concorrência de plantas indesejáveis (NASCIMENTO et al., 2006; DIAS FILHO, 2011), físico-químicas como; lixiviação, volatilização (PERON; EVANGELISTA, 2004; PIMENTA et al., 2010) e nos processos erosivos do solo (FREITAS et al., 2016), com diminuição da qualidade química, física e biológica.

A conversão de florestas nativas em pastagem em sistemas de pastejo contínuo, provocam reduções nos teores de C orgânico e C microbiano, sem alterações nos teores do N do solo, sendo mais notório os efeitos nas áreas com maior tempo de adoção (CARDOSO et al., 2010).

Uma alternativa para manter ou melhorar essas condições no solo, é a utilização de sistemas com culturas que possam adicionar material orgânico, proporcionando um balanço entre a adição e a retirada ou perda desses elementos por meio das culturas, com adição de matéria orgânica, resultado da interação de diferentes fatores nesses agroecossistemas (MAGALHÃES et al., 2013).

4.2. Sistemas Agroflorestais (SAF's)

Os sistemas agroflorestais (SAF's) representam um dos modelos mais antigos de uso, manejo e/ou exploração da terra. Os SAF's têm sido considerados como sistemas de manejo que buscam conservar as condições do solo mais próximas das condições naturais (ALMEIDA et al., 2002; PALEDO; COSTABEBER, 2012), contribuindo para a manutenção do equilíbrio nos agroecossistemas (DELARMELINDA et al., 2010).

Integrando espécies perenes ou lenhosas com culturas agrícolas e/ou pecuárias em arranjos espaciais e temporais (UMRANI; JAIN, 2010) garante-se alternativas sustentáveis, adequando-se às condições edafoclimáticas da região (LOSS et al., 2009) e abrangendo um amplo conjunto de sistemas, desde muito

simplificados, compostos por duas ou poucas espécies, até os mais complexos e biodiversos (UMRANI; JAIN, 2010).

Os SAF's contribuem para a manutenção da fertilidade do solo (DELARMELINDA et al., 2010), por promoverem cobertura do solo, produção de biomassa, acúmulo de carbono e ciclagem dos nutrientes das camadas mais profundas, reduzindo perdas por lixiviação e erosão.

Dentre as diferentes formas e/ou alternativas dos SAF's praticadas nas regiões tropicais destacam-se o uso dos sistemas *taungya*, silvipastoris, quintais agroflorestais e os sistemas multiestratificados comerciais (culturas intercalares), sendo os dois últimos bastante praticados na Amazônia (VIEIRA et al., 2007), os quais consistem em plantios simultâneos ou não de duas ou mais culturas numa mesma área (ALBUQUERQUE et al., 2012).

4.2.1. Culturas intercalares

Uma das alternativas capazes de reverter o processo de desmatamento predominante na região e uso inadequado da terra está na remodelação do modelo produtivo, como a associação do dendezeiro com outras culturas, sendo observada e praticada com muito sucesso em outras regiões do mundo (MESQUITA et al., 2011), a cultura de dendê pela sua capacidade adaptativa, é uma boa alternativa para a recuperação e/ou restauração das áreas degradadas em florestas do Estado de Roraima, com geração de emprego e renda (CORDEIRO et al., 2009).

As associações de dendê com outras culturas têm sido uma boa alternativa para a recuperação e inovação de áreas degradadas e/ou alteradas, orientadas a uma agricultura familiar sustentável, melhoria da qualidade do solo, com maior eficiência da unidade de produção familiar (CORDEIRO et al., 2009).

Nesse sentido, Lopes et al. (2015), ao estudarem a viabilidade técnica e avaliação financeira de cultivos intercalares no desenvolvimento inicial da palma-de-óleo em Roraima, concluíram que os sistemas favoreceram o crescimento vegetativo da palma-de-óleo, quando consorciada com feijão-caupi e milho, e, amendoim com mandioca, mostrando-se financeiramente viáveis. Contudo, o sistema palma-de-óleo com abacaxi apresentou o maior retorno financeiro no primeiro ciclo produtivo.

4.2.2. A cultura do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.)

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), também conhecida como dendezeiro é uma espécie perene, tropical, de origem africana e que expressa melhor seu potencial de produção em condições de temperatura média entre 24°C e 28°C, máxima 33°C e mínima de 18°C, luminosidade superior a 1.800 horas por ano de radiação solar, precipitação pluviométrica superior a 1.800 mm e bem distribuída no decorrer do ano, por isso, as principais áreas de cultivo estão localizadas nas regiões tropicais úmidas na África, Ásia e América (QUINTELA et al., 2015).

É cultivado principalmente na Ásia, África e América Central e do Sul. No Brasil, foi inicialmente cultivada no Estado da Bahia, no fim do século XVI e depois na região amazônica onde, atualmente, estão as maiores áreas cultivadas. Os plantios comerciais estão principalmente nas regiões Norte e em menor quantidade no Nordeste, sendo a região Norte atualmente a responsável pela maior produção nacional de dendê, com destaque para o Estado do Pará (ALVES, 2010).

O Brasil possui a maior área apta para a expansão da cultura no mundo, aproximadamente 70 milhões de hectares, a maior parte na Amazônia, sendo o Pará o principal produtor do Brasil, com área de 109.880 ha, 36.883 ha em formação e 72.997 ha em produção; que corresponde a 85% da produção nacional, e em seguida vêm os estados da Bahia, Amazonas e Roraima com 7.549; 3.299 e 600 ha plantados com palma de óleo, respectivamente (MACIEL, 2012).

Segundo dados obtidos nas Empresas, BRASIL BIOFUELS sediada no município de São João da Baliza e a PALMA PLAN sediada no município de Rorainópolis, em 2012, o estado já possuía uma área em formação de 2.350 ha com a palma de óleo, onde considerando as áreas preferenciais da região Sul do Estado de Roraima, como as de maiores condições e potencialidades para a exploração (MACIEL, 2012), existindo em torno de 406.121 ha aptos para o cultivo sendo que a maior concentração dessas áreas está situada na região sul do Estado nos municípios Rorainópolis, São Luiz, São João da Baliza e Caroebe (MACIEL et al., 2013). Valendo a pena ressaltar ainda, que do total de áreas plantadas, cerca de 400 hectares são cultivadas em parceria com agricultores familiares.

4.2.3. Qualidade química do solo influenciada pelas culturas intercalares

Os SAF's contribuem para a manutenção dos agrossistemas, mantendo um equilíbrio da fertilidade do solo (DELARMELINDA et al., 2010) por promoverem cobertura do solo, produção de biomassa, acúmulo de carbono e remoção de nutrientes das camadas mais profundas, num processo de ciclagem que se torna mais eficiente reduzindo perdas por lixiviação e erosão.

A deposição da serapilheira gerada pela queda de folhas, caules e resíduos das culturas, surgem como fontes e manutenção da matéria orgânica no solo (SMILEY; KROSCHEL, 2008; CASTRO et al., 2009), com acréscimos da diversidade e atividade biológica (DANIEL et al., 2013), e posterior disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente em solos tropicais de baixa fertilidade natural (SOUZA, 2009).

Pesquisa desenvolvida por Iwata et al. (2012) avaliando SAF's e seus efeitos nas propriedades químicas num Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado Piauiense, verificaram aumentos no pH, Ca e Mg e diminuição do Al^{3+} , principalmente no solo sob o sistema com maior tempo de implantação, os autores consideram esses resultados devido aos maiores teores de MO.

Assim como o aumento dos teores de P no solo em sistemas de consórcio é devido ao processo de imobilização pela matéria, adsorção de óxidos de ferro e subsequente adesão às partículas de argila (ARGENTON et al., 2005), e acréscimos nos teores de N, P, K, Ca e Mg nos SAF's, estão relacionados à grande atividade e diversidade da biota no solo, conformada pelos organismos decompositores (LIMA et al., 2010).

4.2.4. Importância das culturas intercalares nos atributos físicos do solo

Nos SAF's o componente arbóreo ajuda a modificar o ambiente do solo, pois na sua constituição há maior diversidade de sistemas radiculares o que propicia maiores aportes nos teores de matéria orgânica (FERREIRA et al., 2012; PAUL et al., 2013), com efeitos significativos na estruturação e aumento da agregação dos solos (BRAIDA et al., 2010; STEFANOSKI et al., 2013).

A introdução de plantas de cobertura de forma intercalar aumenta a fitomassa, beneficiando as propriedades relacionadas com a estrutura do solo,

modificando positivamente as propriedades como a macroporosidade, porosidade total, infiltração, retenção de água, densidade do solo, resistência à penetração, quando comparada com o sistema solteiro (ARGENTON et al., 2005), reduzindo a erosão, melhorando a permeabilidade (GUEDES FILHO et al., 2013), e aumentando os agregados do solo (LOSS et al., 2015).

4.2.5. Influência das culturas intercalares na microbiologia do solo

A primeira etapa da decomposição e incorporação dos resíduos orgânicos é realizada pela macrofauna, já a mineralização e imobilização pelos microorganismos presentes no solo (ALMEIDA, 2012), que atuam como uma força motriz na decomposição e ciclagem dos nutrientes (LIMA et al., 2010), decompondo cerca de 90% dos resíduos vegetais e matéria orgânica do solo (LAVELLE, 2000).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é um dos componentes chave do solo, com funções na decomposição dos resíduos orgânicos (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000), definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e macrofauna, excluindo-se raízes e animais do solo maiores do que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ (NASCIMENTO et al., 2009), controla os fluxos de C e N (GOSAI et al., 2010), correspondendo em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e de 1 a 5% do N total do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), atuando como reservatório de nutrientes e fluxo de energia (MONOKROUSOS et al., 2006).

Incrementos na biomassa microbiana do solo (BMS) foram verificados num SAF's, quando comparado com sistemas convencionais, afirmando que a presença da diversidade de espécies favorece a biomassa microbiana, pelo efeito da rizosfera e aporte de resíduos orgânicos (SILVA et al., 2007). A serapilheira depositada nos SAF's é fonte de carbono e nutrientes (ARAÚJO et al., 2012).

Pesquisas desenvolvidas por Alves et al. (2011); Lima et al. (2011), verificaram reduções nos estoques de C em sistemas de pastagens e áreas de cultivo convencional, quando comparados com áreas de mata nativa e sistemas SAF's.

4.2.6. Importância da atividade enzimática nos sistemas intercalares

As enzimas do solo são biomoléculas de natureza predominantemente protéica que catalisam reações bioquímicas (MELO et al., 2008), aumentando a

velocidade das reações de 106 a 1012 vezes (SMITH et al., 1985), mediadoras diretas no funcionamento e catabolismo biológico dos microrganismos (NIELSEN; WINDING, 2002), e sugeridas como potenciais indicadoras da qualidade do solo para avaliações de agroecossistemas (ALMEIDA, 2012; QIAN et al., 2014).

A β -glucosidase é uma das enzimas mais utilizadas em avaliações da qualidade do solo, devido ao seu papel vital no ciclo do C, envolvida na conversão biológica da celulose e da lignina (ZANOELO et al., 2004), influenciando processos fornecedores de fontes de energia para os microrganismos (STOTT et al., 2010).

Na decomposição dos compostos orgânicos, a urease é a enzima responsável pela hidrólise da uréia em dióxido de carbono e amônia (LANNA et al., 2010), associada à quebra no ciclo do N, assim como o N da biomassa microbiana.

Schmitz (2003), no Rio Grande do Sul (RS) avaliando um Argissolo sob diferentes coberturas vegetais e práticas de manejo, encontrou valores da atividade da urease entre 32 e 164 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$, sendo os maiores valores observados na áreas nativas em comparação às áreas sob uso agrícola.

Ainda, Almeida et al. (2016), ao avaliarem fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil, reportam valores máximos de 23,6 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ para a atividade urease, em um sistema consorciado de lablab (*Dolichos lablab*) com milho.

Outro grupo de enzimas de interesse são as fosfatases, sendo fundamentais na ciclagem e mineralização do P, hidrolisando fosfoésteres, uma vez que grandes quantidades desse nutriente podem estar em formas indisponíveis no solo (BOMBONATTO, 2014; WEI et al., 2014).

Peixoto (2010), avaliando a biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados (consorciados), encontrou valores para a atividade da fosfatase ácida de 8,61 mg p-nitrofenol $\text{kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$ na condição de cultivo; 191,79 mg p-nitrofenol $\text{kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$ na condição de pastagem. Para solos sob condições de mata obteve valores de 19,63 mg p-nitrofenol $\text{kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$ a 158,22 mg p-nitrofenol.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido numa área experimental da Embrapa, localizada no município de São João da Baliza, Roraima, Brasil. Na vicinal 26, Km 12, com coordenadas geográficas de referência 00° 51' 13,3" N e 60° 00' 19,8" W e altitude de 100 m, em uma propriedade privada distante 352 km da capital Boa Vista (Figuras a, b e c).

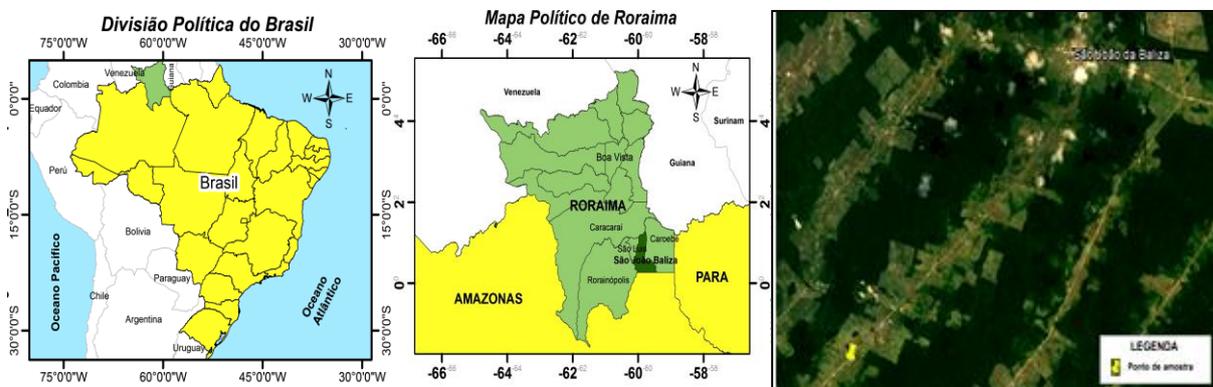


Figura 1 - a) Mapa da divisão política do Brasil; **b)** Localização do Estado de Roraima; **c)** Localização de São João da Baliza.

O município de São João da Baliza fica no Sudeste do estado de Roraima, na mesorregião Sul, sendo limitado ao Norte pelo município de Caracaraí; ao Sul com Urucará (Estado do Amazonas); ao Leste com o município de Caroebe e ao Oeste com os municípios de Rorainópolis e São Luiz do Anauá (IBGE, 2008).

5.2. Solo, vegetação e clima da área de estudo

Os solos predominantes da região são Argissolos e Latossolos todos associados a Plintossolos, ou com características plínticas (MELO et al., 2010). O solo da área experimental é da classe Argissolo Vermelho-Amarelo (Apêndice F), em área adjacente a uma floresta Ombrófila Densa (MORAIS et al., 2012), com relevo plano a suave ondulado (5 a 10%).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical úmido, comum na região de florestas do sul do estado (BARBOSA, 1997; CRUZ et al., 2014), com precipitação variando de 1.800 a 1.900 mm a maior parte do tempo, umidade relativa do ar elevada, com média anual entre 85 a 90%, e luminosidade de 1500 a 3000 horas por ano (LOPES, 2014). Na região observa-se somente um ou

dois meses com precipitações inferiores a 60 mm e a temperatura média no mês mais frio nunca inferior a 18 °C (CPRM, 2009).

5.3. Histórico da área avaliada

Antes da implantação do experimento o sistema estabelecido era pastagem de *Brachiaria humidicola* com 12 anos, sendo utilizada para o pastoreio de bovinos. Para a implantação do projeto, no período de 2012 foi demarcada uma área total de aproximadamente 1 ha⁻¹, que foi amostrada nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m, sendo os resultados das características químicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos da área experimental, antes da implantação dos sistemas produtivos em função da profundidade de amostragem, São João da Baliza - RR, 2012.

Município	Prof (m)	pH H ₂ O	P ¹ mg dm ³	Análise química							V	m	MO
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ²⁺	H+Al	SB	CTCt			
São João da Baliza	0-0,20	5,4	1,54	0,34	0,10	0,07	0,36	4,22	0,51	4,73	11	41	2,6
	0,20-0,40	5,0	0,94	0,18	0,05	0,04	0,59	3,76	0,28	4,04	7	68	1,3

¹/Extrator de Mehlich¹; ²/Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ³/solução acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7; EMBRAPA (1997); (V) saturação por bases; (m) saturação por alumínio; (M.O) matéria orgânica. (Fonte: Citado da dissertação realizada por LOPES, 2014).

5.3.1. Plantio do dendê

A área para o cultivo de dendê foi preparada entre os meses de abril e maio de 2012, sendo aplicadas as práticas de destoca e gradagem na área de pastagem. Nesse período foi realizada a calagem em toda área, empregando calcário dolomítico na dose 1,5 t ha⁻¹ (PRNT 100%). O plantio do dendê foi realizado em 16 junho de 2012, com densidade de plantio de 143 plantas ha⁻¹, utilizando um sistema com as plantas arranjadas em triângulo equilátero com espaçamento de 9 m de lado entre as plantas na linha e de 7,8 m entre as linhas, em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m. A cova recebeu uma adubação de 500 g de superfosfato triplo (45% de P₂O₅).

A Tabela 2 apresenta o programa de adubação (g por planta) utilizado na cultura de dendê desde o primeiro ano até o terceiro ano com o início da produção, sendo realizadas duas adubações por ano, no início e final do período chuvoso.

Tabela 2 - Programa de adubação de cobertura (g por planta) para o cultivo de dendê, entre o primeiro e terceiro ano (início da produção).

Fontes	Unidade Quantidade (g por planta)		
	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Ureia	200 + 200	300 + 300	500 + 500
Superfosfato triplo (SFT)	500 + 500	600 + 600	750 + 750
Cloreto de Potássio (KCl)	200 + 200	300 + 300	400 + 400
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄)	100 + 100	100 + 100	200 + 200
Borax	30 + 30	50 + 50	60 + 60
Zincop 101	15 + 15	15 + 15	50 + 50

Fonte: Embrapa Amazônia Ocidental. ¹ início e final do período chuvoso.

Após o plantio do dendê, iniciou-se a implantação das culturas intercalares. As parcelas foram estabelecidas nas entrelinhas do dendê, medindo 36 x 39 m (largura x comprimento). Cada parcela continha 27 plantas de dendê, no espaçamento de 9,00 m entre plantas e 7,80 m entre fileiras, em triângulo equilátero, perfazendo uma área de 1404 m². Na Figura 2 é apresentado o esquema para cada parcela intercalar.

As culturas intercalares foram plantadas entre os meses de julho e agosto junto à cultura de dendê entre as linhas, entre elas: amendoim, abacaxi, feijão caupi, milho, banana e mandioca, seguindo as recomendações técnicas estabelecidas pela Embrapa-Roraima, no que diz respeito a cultivares, adubação, correção do solo e outras.

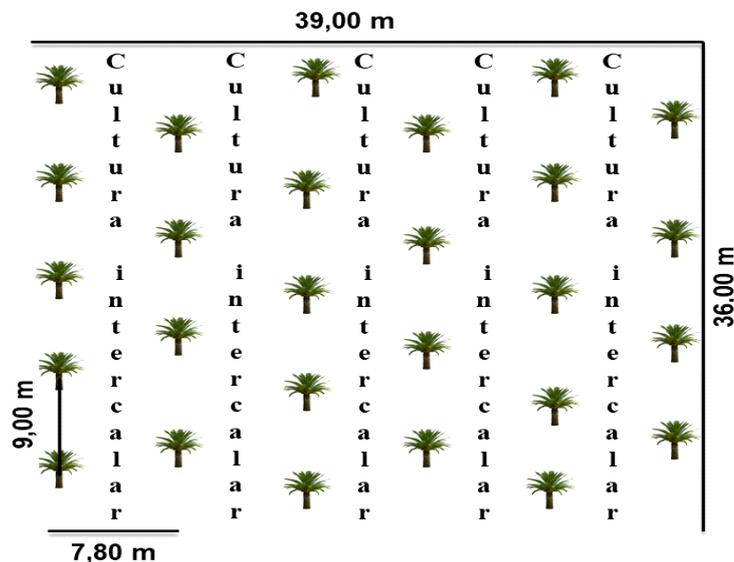


Figura 2 - Representação esquemática das parcelas.

5.3.2. Descrição das culturas intercalares

A avaliação dos sistemas intercalares ocorreu no mês de março de 2016, onde foi realizada a amostragem do solo nas seguintes parcelas estudadas.

5.3.2.1. Dendê intercalado com pastagem (DP)

Nesse sistema o dendê foi intercalado com *Brachiaria humidicola*, desde o plantio até a data da avaliação. Não foi realizada nenhuma adubação na pastagem.

5.3.2.2. Dendê intercalado com abacaxi (DA)

Antes do plantio do abacaxi foi realizado o plantio de amendoim o dia 17 de julho de 2012, sendo 11 linhas (0,50 x 0,30 m) intercaladas por faixa de dendê. A adubação foi realizada na cova empregando 10 g de superfosfato simples, sendo posteriormente colhida. O dia 24 e 25 de agosto do mesmo ano foi implantada a cultura do abacaxi (cultivar Vitória), sendo 4 linhas duplas no espaçamento de 0,40 entre plantas e, 1 m entre linha dupla, totalizando 3.600 mudas.

A adubação constou de 1 kg do formulado 8-28-16 (NPK) por linha e, 10 g por planta. A distância da linha de plantio da palma para a linha de plantio do abacaxi foi de 1,60 m. Cabe ressaltar que a cultura do abacaxi permaneceu permanentemente em campo até março de 2016 quando foi realizada a avaliação.

5.3.2.3. Dendê intercalado com feijão-caupi (DF)

Entre 18 e 25 de julho de 2012 foi implantado o sistema dendê intercalado com o consórcio feijão-caupi (cultivar Guariba) e milho (cultivar BR 106). Foram estabelecidas entre cada linha de dendê, 3 linhas de feijão-caupi, 5 linhas de milho e 3 linhas de feijão-caupi. O espaçamento entre linhas era 0,5 m e, 8 plantas de feijão-caupi metro linear e 5 plantas de milho por metro linear. A adubação de plantio foi de 10 g do formulado 8-28-16 (NPK). A cultura de feijão foi plantada novamente no ano 2013.

5.3.2.4. Dendê intercalado com banana (DB)

No dia 18 de julho de 2012 foi iniciado o plantio do sistema dendê intercalado com bananeira, sendo plantadas 120 mudas da cultivar Japira, no centro da entrelinha da palma, com espaçamento de 1,50 m entre plantas, consorciada com 25 linhas de feijão-caupi (Cv. Guariba), semeadas em ambos os lados da linha de banana no espaçamento de 0,50 m entre linhas e, densidade de 8 plantas por metro linear. A adubação consistiu de 200 g de calcário e 100 g de superfosfato simples por cova para a banana, enquanto, para o feijão foi empregado 10 g de NPK (8-28-

16) por cova. Cabe ressaltar que a cultura da banana permaneceu permanentemente em campo até março de 2016 quando foi realizada a avaliação.

5.3.2.5. Dendê intercalado com mandioca (DM)

Ao início da plantação estava composta de linhas de milho em fileiras duplas no espaçamento de 0,50 m e densidade de 5 plantas por metro linear (Cv.BR 106), espaçadas de 1,00 m das fileiras simples de mandioca (3 fileiras) no espaçamento de 1,00 x 1,00 m, seguindo o arranjo de 2 linhas de milho e 3 linhas de mandioca sucessivamente. A área total da parcela apresentava-se com um arranjo de 20 linhas de milho combinadas com 15 linhas de mandioca. Este sistema envolveu 1.440 covas de milho e 135 covas de mandioca.

A adubação foi realizada na cova, empregando 50 g do formulado 8-28-16 (NPK). No ano 2013 e 2014 foi plantada somente a cultura da mandioca (Cv. Amazonas), com semeadura intercalada de 180 plantas, com espaçamento de 1,00 x 1,00 m.

5.3.2.6. Pastagem solteira (PS)

A *Brachiaria humidicola* foi implantando há 12 anos, após deflorestamento, e não há registro de uso de mecanização, corretivo e adubos. O pastoreio era realizado de modo contínuo. No período de estudo, não houve nenhuma intervenção na área, sendo considerada refênciã.

Em todos os sistemas foram realizados tratos culturais como: capinas, desbaste, desfolha das culturas intercalares, coroamento do dendezeiro e roçagem da vegetação espontânea.

5.4. Delineamento experimental

Para as análises físicas e químicas, o delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas consistiram dos 6 sistemas de cultivo, e, as subparcelas as 3 camadas de coleta do solo (0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m), constituindo um total de 72 unidades experimentais.

Enquanto, para as análises microbiológicas e bioquímicas, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, sendo as parcelas os 6 sistemas de cultivo, constituindo um total de 24 unidades amostrais.

5.5. Amostragem e tratamento das amostras

Aproximadamente 4 anos após o estabelecimento dos sistemas, março de 2016, foram realizadas as coletas das amostras de solo nas unidades experimentais. Para isso, foram abertas 03 minitrincheiras, por unidade experimental, com dimensões de 0,50 x 0,50 x 0,50 m e, alocadas entre as linhas do dendê.

A coleta de amostras de solo com estrutura preservada foi realizada com anéis metálicos (54 x 50 mm) nas mesmas camadas de solo. As amostras para as análises físicas e químicas foram armazenadas, acondicionadas e devidamente identificadas.

As amostras para as análises microbiológicas e bioquímicas, coletadas apenas na camada 0-0,10 m, após isso foram acondicionadas, identificadas e mantidas em uma caixa térmica, posteriormente foram transportadas ao laboratório de solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima.

6. ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

As amostras com estrutura indeformada procederam-se diretamente à realização das seguintes análises físicas: **determinação da estabilidade de agregados (EA)**, segundo Salton et al. (2012), adaptações. O material que passou pela peneira de 8 mm e retido na de 4 mm foi utilizado para a análise dos agregados, excluindo-se todos os fragmentos orgânicos e pedras, posteriormente peneiramento mecânico via úmida (em água) usando-se um conjunto de 5 peneiras de diâmetro conhecido (4,0; 2,0; 1,0; 0,50; 0,25 mm) durante 15 minutos a 42 oscilações por minuto em aparelho de Yoder.

Os valores de **diâmetro médio ponderado (DMP)** e **diâmetro médio geométrico (DMG)**, foram calculados pelas seguintes equações, de acordo com

Mazurak (1950). $DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$

Sendo xi = diâmetro médio das classes de agregados; wi = proporção de cada

classe em relação ao total. $DMG = (\exp \sum_{i=1}^n (wi \cdot \log xi)) / (\sum_{i=1}^n wi)$

Sendo w_p = peso dos agregados de cada classe (g); x_i = diâmetro médio das classes; w_i = proporção de cada classe em relação ao total.

A partir dos valores de DMP obtidos nos diferentes tratamentos e divididos com o DMP da área de pastagem (área secundária), obteve-se o índice de sensibilidade (IS), sugerido por (BOLINDER et al., 1999; PEREIRA et al., 2010).

$Is = (DMP \text{ dos tratamentos avaliados} / DMP \text{ área de pastagem})$

Para a determinação de macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) e, densidade de solo (Ds), utilizou-se a metodologia como base sugerida por Oliveira (1968) e, descrita pela EMBRAPA (2011), adaptações. Utilizaram-se coletadas em campo em anéis de Kopecky de volume conhecido e com as suas estruturas intactas.

Foram calculados os valores de macro, micro e porosidade total do solo, seguindo as seguintes formulas.

$Microporosidade (\%) = \frac{(\text{Peso após tensão a } -6 \text{ kPa} - \text{Peso seco a } 105^\circ\text{C}) \times 100}{\text{Volume do cilindro}}$

$Macroporosidade (\%) = (\text{Volume da amostra saturada} - \text{Microporosidade}) \times 100;$

$\text{Volume total de poros} (\%) = (\text{Microporosidade} + \text{Macroporosidade})$

Para a determinação da densidade do solo (Ds) utilizaram-se as mesmas amostras dos anéis, pesou-se a massa do solo seco junto com o volume dos anéis e calculou-se a densidade de solo, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2011), Onde:

$Ds (g.cm^{-3}) = \frac{\text{Peso seco do solo}}{\text{Volume do anel}}$

Para a determinação da textura do solo (Tex), utilizou-se a metodologia descrita pela EMBRAPA (2011), pelo método Pipeta de Robinson e adaptações.

Para obter os cálculos, os resultados são expressos em porcentagem da TFSA e posteriormente corrigidos para TFSE. Onde:

$Areia (\%) \text{ na TFSA} = \text{peso da areia grossa} \times 10;$

$Argila (\%) \text{ na TFSA} = \frac{[(\text{peso da argila} + \text{dispersante}) - \text{peso do dispersante}] \times 500}{\text{TFSA}}$

$Silte (\%) \text{ na TFSA} = [100 - (\text{peso da areia} + \text{peso da argila})].$

Para determinar a argila dispersa em água (ADA), e calcular o índice de floculação (IF) e grau de dispersão (GD), repetiu-se o procedimento com a prova em branco (amostras sem o dispersante NaOH, 1 mol L⁻¹), contendo somente água destilada, EMBRAPA (2011). Onde:

$$IF = \frac{\text{Argila total} - \text{Argila dispersa em água}}{\text{Argila total}} \times 100;$$

$$GD = 100 - IF$$

7. ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Na TFSA foram realizadas as seguintes análises químicas: **pH** em água e Condutividade elétrica (**CEs**) (EMBRAPA, 2011). Os nutrientes **Ca²⁺**, **Mg²⁺** e, o **Al³⁺** trocáveis, extraídos em solução de KCl 1 mol L⁻¹, determinados posteriormente por espectrometria de absorção atômica e, o Al³⁺ determinado volumetricamente por titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹. A acidez potencial (H+Al), determinada após extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 com posterior titulação alcalimétrica com NaOH 0,025 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

Os nutrientes **P**, **K⁺**, **Na⁺** e, os micronutrientes **Fe³⁺**, **Zn²⁺** e **Mn²⁺**, extraídos pelo extrator duplo ácido Mehlich-1, determinando-se o K⁺ e o Na⁺ por fotometria de chama, o P por colorimetria no UV/Visível e, os micronutrientes por espectrometria de absorção atômica. A partir dos resultados obtidos do complexo sortivo, foram calculados os valores para soma de bases (**SB**), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (**T**) e efetiva (**t**), saturação por bases (**V%**) e saturação por alumínio (**m%**) (EMBRAPA, 2009).

O carbono orgânico total (**COT**) e, matéria orgânica do solo (**MO**) determinados pelo método de Walkley-Black modificado, descrita pela EMBRAPA (2009). Usando como base a oxidação da MO por íons dicromato, em meio fortemente ácida e posterior titulação com íons Fe²⁺.

Para a quantificação do nitrogênio total (**Nt**), utilizou-se a metodologia desenvolvida por Kjeldahl (1883), descrita segundo Matos e Mendoça (2005), adaptações. O método fundamenta-se na conversão do N-orgânico (R-NH₂) contido na amostra à NH₄⁺ por meio de uma digestão sulfúrica, e a dosagem deste por meio da quantificação de NH₃ liberada pela destilação do digerido em meio alcalino, se processando o método em três etapas: digestão, destilação e titulação.

8. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO SOLO

No laboratório, foram determinadas as seguintes análises microbiológicas e bioquímicas: determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (**C-BMS**), foi

empregada a metodologia pelo método de fumigação-extração proposto por Vance et al. (1987), com adaptações segundo Silva et al. (2007).

Foram pesadas amostras e fumigadas diretamente com 1 mL de clorofórmio, além, de amostras sem a presença do clorofórmio (amostras não fumigadas). O cálculo do carbono liberado na titulação pelo excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal, foi determinado pela diferença das amostras não fumigadas e fumigadas, seguindo as seguintes equações:

$$C \text{ (mg C kg}^{-1} \text{ solo)} = \frac{(Vb - Va) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6}{Ps \cdot V_2}$$

Por sua vez, o cálculo da biomassa microbiana do solo é dado pela equação:

$$BMS \text{ (mg C microbiano kg}^{-1} \text{ solo)} = FC \cdot Kc^{-1}$$

A respiração basal do solo (**RBS**), foi determinada seguindo a metodologia proposta por (JENKINSON; POWLSON, 1976), modificada por Silva et al. (2007), adaptações. As amostras foram pesadas e incubadas com NaOH 1 mol L⁻¹ durante 24 dias, com posterior quantificação do C-CO₂ liberado realizada cada 3 dias, totalizando 8 titulações (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 dias), sendo os valores somados, para se obter um dado geral referente de C-CO₂ acumulado durante o período de incubação.

O cálculo do C-CO₂ liberado na titulação foi determinado seguindo a seguinte equação: **RBS (mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo hora⁻¹) = (((Vb-Va) . M . 6 . 1000)/Ps/T).**

O quociente metabólico (**qCO₂**), foi determinado pela razão da atividade microbiana do solo (C-CO₂ liberado) em relação a biomassa de carbono microbiana (CBM), seguindo a metodologia proposta por (ANDERSON; DOMSCH, 1993), adaptada por Silva et al. (2007). O cálculo qCO₂ da respiração basal do solo é dado pela equação: **qCO₂ (mgC-CO₂.g⁻¹BMS-C.h⁻¹) = $\frac{RBS \text{ (mgC-CO}_2\text{.kg}^{-1}\text{solo.h}^{-1})}{C\text{-BMS (mgC.kg}^{-1}\text{solo)}$**

O quociente microbiano (**qCmic**), foi calculado utilizando a expressão proposta por Sparling (1992), sendo necessária a determinação do COT presente no solo, e calculado segundo a equação: **qCmic (%) = ((C-BMS/COT)/10).**

Para a determinação da atividade β-glucosidase, utilizou-se como substrato na reação o *p*-nitrofenol-β-D-Glucopyranosídeo 0,05 M (PNG 0,05 M), descrito na metodologia segundo (TABATABAI, 1994; DICK, 1996), adaptações.

Amostras de solo seco foram pesadas (1,0 ± 0,005 g) colocadas em tubos falcon com capacidade de 15 ml. Em seguida, adicionou-se 0,25 mL de Tolueno, 4

mL da solução MUB pH 6,0 a todas as amostras e 1 mL de PNG 0,05 M (com exceção dos controles ou testemunhas onde foi adicionado o substrato somente após a incubação).

Os tubos foram fechados e colocados em incubação a 37° C por uma hora. Após o tempo de incubação, foram adicionados 1 mL de CaCl₂ 0,5 M, 4 mL de Tris-Hydroxymetil-Amino-Metano (THAM pH 12,0) e, (1 ml de PNG 0,05 M adicionado somente aos controles ou testemunhas). Posteriormente procedeu-se à centrifugação durante 15 minutos. As leituras foram determinadas por espectrofotometria molecular, UV-Visível, numa absorvância de 400 nm, apresentando as amostras uma cor com intensidade amarela.

A determinação da quantidade de *p*-nitrofenol em cada amostra foi realizada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de *p*-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40, 50 µg de *p*-nitrofenol mL⁻¹). A atividade enzimática foi expressa em microgramas de *p*-nitrofenol liberada por hora por grama de solo seco (µg *p*-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo seco).

Na determinação da atividade urease, foi realizada por meio da quantificação do amônio liberado pela hidrólise da uréia (solução 0,08 M), empregando-se o método de colorimetria preconizado por (KANDELER; GERBER, 1988), adaptações.

Amostras de solo seco foram pesadas (0,5 ± 0,005 g) colocadas em tubos falcon com capacidade de 15 mL, em seguida, acrescentaram-se 0,25 mL da solução uréia 4,8 g L⁻¹ (0,08 M) exceto as amostras controle (testemunha), incubadas durante 1 h a 37°C. Após a incubação, foram adicionados 5 mL da solução de KCl 1 mol L⁻¹ seguido de agitação durante 30 minutos e centrifugação por mais 15 minutos a 4000 rpm.

Posteriormente foi retirada uma amostra de 1 mL do sobrenadante e misturada com 2 mL da solução de reagente colorimétrico 1 (solução de salicilato de sódio, citrato de sódio dihidratado, tartarato de sódio e nitroprussiato de sódio) e, posterior incubação por 15 min. A seguir foram adicionados 2 mL do reagente colorimétrico 2 (solução de NaOH e hipoclorito de sódio) e, incubados novamente durante 1 h. Em seguida procedeu-se às leituras por espectrofotometria molecular, UV - Visível, a uma absorvância de 660 nm, apresentando as amostras uma cor com intensidade verde esmeralda a mais intensa.

A determinação da quantidade de N-NH_4^+ em cada amostra foi realizada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de uréia (0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; e 4,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de N-NH_4^+) a partir de uma solução estoque NH_4Cl 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$. A atividade enzimática foi expressa em microgramas de N-NH_4^+ , liberado durante duas horas por grama de solo seco ($\mu\text{g N-NH}_4^+ 2\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo seco).

Desse mesmo modo, **também foi determinada a atividade fosfatase ácida**, utilizou-se como substrato na reação o *p*-nitrofenyl fosfato 0,05 M (PNF 0,05 M), segundo (TABATABAI, 1994; DICK, 1996), adaptações.

Amostras de solo seco foram pesadas ($1,0 \pm 0,005$ g), colocadas em tubos falcon com capacidade de 15 mL, em seguida, adicionou-se 0,25 mL de Tolueno, 4 mL da solução MUB pH 6,5 a todas as amostras e 1 mL de PNF 0,05 M (com exceção dos controles ou testemunhas onde foi adicionado o substrato somente após a incubação). Os tubos foram fechados e colocados em incubação a 37°C por uma hora. Após o tempo de incubação, foram adicionados 1 mL de CaCl_2 0,5 M, 4 mL de NaOH 0,5 M e (1 mL de PNF 0,05 M adicionado somente aos controles). Posteriormente procedeu-se à centrifugação durante 15 minutos. As leituras foram determinadas por espectrofotometria molecular no UV-Visível a uma absorbância de 400 nm, apresentando as amostras uma cor com intensidade amarela.

A determinação da quantidade de *p*-nitrofenyl em cada amostra foi realizada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de *p*-nitrofenyl (0, 10, 20, 30, 40, 50 μg de *p*-nitrofenyl mL^{-1}). A atividade enzimática foi expressa em microgramas de *p*-nitrofenyl liberada por hora por grama de solo seco ($\mu\text{g p-nitrofenyl h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo seco).

9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas e em seguida submetidos a verificação da normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk, posteriormente foram realizadas análises de variância e teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Foram realizadas, ainda, análises de correlação de Pearson e de componentes principais (PCA). Todas as análises foram realizadas com o auxílio dos softwares estatísticos, SISVAR versão 5,6 (FERREIRA, 2011) e INFOSTAT (RIENZO et al., 2016).

CAPITULO 01 - ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO COM SISTEMA DE PASTAGEM CONVERTIDA AO CULTIVO DE DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS INTERCALARES

Resumo - No Brasil, e principalmente na região Amazônica, o aumento do desmatamento e a intensificação agrícola com a implantação de áreas de pastagem têm sido constantes nos últimos anos, podendo isto, promover redução na qualidade das propriedades físicas do solo, portanto, o manejo conservacionista do solo faz-se necessário para restaurar e/ou melhorar seus atributos. Assim, ressalta-se a necessidade de adoção de alternativas como os SAF's; devido às vantagens de intercalar espécies com hábitos distintos de crescimento e produção. Com isso, o presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar as alterações nas propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo de dendê com culturas intercalares. O experimento foi conduzido em uma área experimental da Embrapa, em São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, com coordenadas geográficas de referência 00° 51' 13,3" N e 60° 00' 19,8" W e uma altitude de 100 m, instalado sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições, referentes aos seis tratamentos: dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) com as culturas intercaladas (abacaxi, feijão caupi, banana, mandioca e pastagem, além de uma área adjacente com pastagem *Brachiaria humidicola* como testemunha, nas profundidades 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. Constatou-se uma granulometria mais pesada para os sistemas DM, DB e P que influenciou numa melhor flocculação das partículas, melhor formação e estabilização de agregados, com altos índices DMG, DMP e IS, abrangendo tudo isto, em condições de macro e microporos equilibrados, aumentos na porosidade total e diminuição da densidade do solo, diferentemente aos sistemas DP, DA e DF com maiores teores de areia. Mesmo assim, os sistemas DF e DP não mostraram condições adversas. As maiores limitações ocorreram na camada de 0,10-0,30 m para todos os sistemas, pois na camada mais superficial, apesar das diferenças de granulometria e as pressões exercidas se mostraram condições favoráveis nos diferentes sistemas, com exceção da área P com níveis mais críticos de macroporos. De forma geral, os sistemas intercalares DB, DM, DF e, a área de PS, proporcionaram condições físicas menos restritivas ao crescimento e desenvolvimento das culturas em todas as camadas avaliadas, quando comparado com os sistemas intercalares DA e DP.

Palavras-chave: Sistemas de manejo. Palma de óleo. Qualidade física do solo. Amazônia.

CHAPTER 01 - PHYSICAL ATTRIBUTES OF AN ARGISSOL WITH PASTURE SYSTEM CONVERTED TO DENDÊ CULTIVATION (*Elaeis guineenses* Jacq.), UNDER INTERCALAR CULTURES

Abstract- In Brazil, and mainly in the Amazon region, increases in deforestation and agricultural intensification with the establishment of pasture areas have been constant in recent years, and this can promote changes in soil physical properties, reducing the quality of the soil. Conservation and efficient management of the soil is necessary to restore and/or improve its attributes. Thus, it is necessary to adopt alternatives such as SAF's; Due to the advantages of intercalating species with distinct growth and production habits. Thus, the present work was carried out with the purpose of evaluating the alterations in the physical properties of the soil in different systems of palm cultivation with intercropping. The experiment was conducted in an experimental area of Embrapa, São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, with geographic coordinates of reference 00° 51' 13,3" N and 60° 00' 19,8" W and an altitude of 100 m. Installed on a Red-Yellow Argisol. The experimental design was completely randomized in a subdivided plots scheme with four replications, referring to the six treatments: palm oil (*Elaeis guineenses* Jacq.) with intercropped crops (pineapple, cowpea, banana, cassava and pasture), as well as an adjacent area *Brachiaria humidicola* pasture as a control at depths 0-0,10; 0,10-0,30 and 0,30-0,50 m. It was found a heavier granulometry for the DM, DB and P systems that influenced in better flocculation of the particles, better formation and stabilization of aggregates, with high DMG, DMP and IS indexes, all of which covered under balanced macro and micropore conditions, Increases in total porosity and decrease in soil density, differently to DP, DA and DF systems with higher sand contents. Even so, DF and DP systems did not show adverse conditions. The greatest limitations occurred in the 0,10-0,30 m layer for all systems, because in the most superficial layer, despite the differences in particle size and the pressures exerted, favorable conditions were shown in the different systems, with the exception of the P area with more critical levels of macropores. In general, the intercalary systems DB, DM, DF and the PS area provided less restrictive physical conditions to the growth and development of the crops in all evaluated strata when compared to the DA and DP intercalary systems.

Key words: Management systems. Oil palm. Physical soil quality. Amazon.

10. INTRODUÇÃO

A degradação das pastagens é considerada o principal passivo que compromete a sustentabilidade na pecuária (SANTOS et al., 2011), na Amazônia com a intensa conversão das florestas para áreas de pastagens (LIRA et al., 2006). Muitas áreas formadas e manejadas inadequadamente, perdem a sua capacidade produtiva após alguns anos de uso (MACIEL et al., 2009; NEVES JUNIOR et al., 2013), pois com o passar do tempo essas práticas não sustentáveis tendem a promover degradação das propriedades físicas do solo (MACIEL et al., 2009).

Alterações ou perdas na qualidade física do solo são reportadas por diversos autores que apontam os atributos físicos como indicadores de diferenças entre áreas, manejo e seus usos (ARAÚJO et al., 2007; ASSIS et al., 2015), se destacando pesquisas quanto à compactação, densidade, porosidade, fluxo de água e gases, resistência mecânica à penetração, textura e estabilidade de agregados (STEFANOSKI et al., 2013).

A compactação tem-se tornado uma das principais causas de degradação do solo (DRESCHER et al., 2011; MAZURANA et al., 2013), modificando o volume, continuidade e tamanho dos poros (TORMENA et al., 2007), afetando diretamente a porosidade total, com diminuição da macroporosidade e aumentos da microporosidade e densidade do solo (KLEIN; LIBARDI, 2002), conseqüentemente com efeitos negativos na retenção de água e trocas gasosas (DRESCHER et al., 2011). Além da redução da aeração e do armazenamento de água, alteração do fluxo de água e calor, da disponibilidade de nutrientes, empoçamento de água, escoamento superficial e erosão (MOURA et al., 2008).

A porosidade é um bom indicador da qualidade física do solo, pois define diversas propriedades como, estruturação, agregados estáveis, resistência à penetração (COSTA et al., 2012), condições de restrição ao crescimento radicular das plantas (BEUTLER et al., 2002), processos erosivos e a estabilidade do solo (FREITAS et al., 2016), o que pode facilitar para uma correta estratégia de manejo do solo.

Uma estratégia para o enfrentamento desses problemas são os sistemas agroflorestais (SAF's) que representa um dos modelos mais antigos de uso, manejo e/ou exploração da terra. Os SAF's têm sido considerados como sistemas de manejo que buscam conservar as condições do solo mais próximas das condições

naturais (ALMEIDA et al., 2002; PALEDO; COSTABEBER, 2012), por contribuírem para a manutenção do equilíbrio nos agrossistemas (DELARMELINDA et al., 2010).

Nos SAF's, o componente arbóreo ajuda a modificar o ambiente do solo, por sua constituição há diversos sistemas radiculares gerando aportes aos teores de matéria orgânica (FERREIRA et al., 2012; PAUL et al., 2013), com efeitos significativos na estruturação e aumento na agregação (BRAIDA et al., 2010; STEFANOSKI et al., 2013).

Dentre as diferentes formas e/ou alternativas dos SAF's praticadas na Amazônia, destacam-se o uso de os sistemas *taungya*, silvipastoris, quintais agroflorestais e os sistemas intercalares (VIEIRA et al., 2007), consistindo em plantios simultâneos ou não de duas ou mais culturas numa mesma área (ALBUQUERQUE et al., 2012). Portanto, a associação do dendezeiro com outras culturas se apresenta como alternativa para a restauração e inovação de áreas degradadas e/ou alteradas, buscando gerar sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade do solo.

Nos últimos anos se deu uma evolução nos estudos sobre a qualidade física do solo, justificados pela necessidade de se avaliar o comportamento de diversas propriedades físicas em áreas cultivadas, pastagens e principalmente em SAF's (SPERA et al., 2008; SALES et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Especificamente no Brasil, existem muitos trabalhos desenvolvidos em temas referentes à fertilidade, química e biológica do solo em áreas de pastagem, más existem poucas informações e dados sobre a qualidade física do solo em SAF's, sendo esta de muita importância não somente para a caracterização dos solos, também para estabelecer usos e manejos.

Portanto, objetivou-se neste trabalho, avaliar a qualidade física de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), com culturas intercalares.

11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios e teste F para as variáveis: areia, silte, argila, índice de floculação (IF), grau de dispersão (GD), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) e densidade do solo (Ds) são apresentados no Apêndice A. Foram observados efeitos da interação entre sistemas e camadas para todas as variáveis.

Enquanto, os quadrados médios e teste F para: as classes de tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS) são apresentados no Apêndice B.

Foram observados efeitos da interação entre sistemas e camadas para todas as variáveis, excetuando-se as classes de diâmetro 2-1 mm que não apresentou efeito da interação entre sistemas e camadas, porém apresentou efeitos isolados, e os agregados 0,105-0,053 mm sem efeitos entre camadas.

11.1. Composição granulométrica, índice de floculação (IF) e grau de dispersão (GD)

Os dados referentes à fração granulométrica total enquadram-se entre as classes texturais: franco arenosa, franco argilo arenosa e argilo arenosa, segundo EMBRAPA (2011), e apresentaram diferenças significativas para interação entre os diferentes sistemas e suas camadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de areia, silte, argila, índice de floculação (IF) e, o grau de dispersão (GD), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
	Areia (g kg⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	802,95 a A	720,95 a B	595,55 b C	706,48
Dendê x Abacaxi (DA)	823,17 a A	741,00 a B	693,67 a C	752,61
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	804,98 a A	713,60 a B	679,72 ab C	732,77
Dendê x Banana (DB)	662,88 c A	552,80 c B	452,00 c C	555,89
Dendê x Mandioca (DM)	632,78 c A	473,63 d B	403,13 d C	503,18
Pastagem Solteira (PS)	710,93 b A	624,10 b B	477,95 c C	604,33
Médias	739,58	637,68	550,34	
	Silte (g kg⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	69,55 a B	70,30 b B	90,70 c A	76,85
Dendê x Abacaxi (DA)	50,58 a B	69,00 b B	96,33 c A	71,97
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	55,02 a B	76,40 b BA	95,28 c A	75,57
Dendê x Banana (DB)	70,00 a C	130,20 a B	150,50 b A	116,90
Dendê x Mandioca (DM)	57,23 a B	130,65 a A	137,68 b A	108,52
Pastagem Solteira (PS)	67,83 a C	125,90 a B	180,80 a A	124,84
Médias	61,70	100,41	125,22	

Continuação Tabela 3...

	Argila (g kg ⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	127,50 d C	208,75 d B	313,75 c A	216,67
Dendê x Abacaxi (DA)	126,25 d B	190,00 d A	210,00 d A	175,42
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	140,00 d B	210,00 d A	225,00 d A	191,67
Dendê x Banana (DB)	267,12 b C	317,00 b B	397,50 b A	327,21
Dendê x Mandioca (DM)	310,00 a C	377,50 a B	460,00 a A	382,50
Pastagem Solteira (PS)	221,25 c C	250,00 c B	341,25 c A	270,83
Médias	198,69	258,88	324,63	
	Índice de floculação (%)			
Dendê x Pastagem (DP)	64,90 b B	46,22 b C	70,15 c A	60,42
Dendê x Abacaxi (DA)	42,11 d B	33,07 c C	48,04 d A	41,07
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	54,23 b A	44,46 b B	52,30 d A	50,33
Dendê x Banana (DB)	63,49 b B	59,02 a C	85,32 b A	69,28
Dendê x Mandioca (DM)	69,64 a B	55,07 a C	93,38 a A	72,70
Pastagem Solteira (PS)	63,17 b B	43,57 b C	92,98 a A	66,57
Medias	59,59	46,90	73,70	
	Grau de dispersão (%)			
Dendê x Pastagem (DP)	35,10 c B	53,78 b A	29,85 c C	39,58
Dendê x Abacaxi (DA)	57,89 a B	66,94 a A	51,96 a C	58,93
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	45,78 b B	55,55 b A	47,70 b B	49,68
Dendê x Banana (DB)	36,51 c B	40,98 c A	14,68 d C	30,72
Dendê x Mandioca (DM)	30,36 d B	44,93 c A	6,63 e C	27,31
Pastagem Solteira (PS)	36,83 c B	56,43 b A	7,02 e C	33,43
Médias	40,41	53,10	26,31	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os maiores teores de areia foram observados nas primeiras camadas, e no geral variaram de 710,93 a 823,17 g kg⁻¹; 473,63 a 741,00 g kg⁻¹ e, 403,13 a 693,67 g kg⁻¹, nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Ainda, as maiores variações foram encontradas entre os sistemas DM (menores valores) e DA (maiores valores) independentemente da profundidade de amostragem (Tabela 3).

Em relação aos teores de silte, foram observados valores de 50,58 a 70,00 g kg⁻¹ na camada 0-0,10 m; 69,00 a 130,65 g kg⁻¹ na camada 0,10-0,30 m e 90,70 a 235,80 g kg⁻¹ na camada 0,30-0,50 m. Na primeira camada não houve variação dos teores de silte nos respectivos tratamentos, porém, na camada 0,10-0,30 m foram observados maiores teores para os sistemas DB e DM, juntamente com a área de pastagem solteira, e na camada de 0,30-0,50 m a área PS também apresentou maior teor de silte diferindo dos demais sistemas, na mesma camada os sistemas DB e DM apresentaram teores intermediários de silte e os demais sistemas apresentaram os menores teores.

Entretanto os maiores valores de argila foram encontrados nas camadas subsuperficiais, variando de 126,5 a 310 g kg⁻¹; 190,00 a 377,50 g kg⁻¹; 210,00 a 460,00 g kg⁻¹ nas respectivas camadas, 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, com

aumentos dos teores de argila nessas camadas mais profundas. Contrário disso foi observado com os teores de areia, diminuindo ao longo do perfil (Tabela 3).

Os seis sistemas de uso intercalar apresentaram aumentos significativos da fração argila (<0,002 mm) e diminuição nos teores de areia com o aumento das camadas o que indica a formação de solos com maior teor de argila total com mudanças abruptas nessas camadas, mostrando processos de podzolização responsável pela gênese do horizonte Bt diagnosticados para a classe dos Argissolos. Segundo Meurer et al. (2006), a argila dispersa em água pode eluviar no perfil do solo e produzir horizontes mais ricos em argila, como acontece nesses solos.

Assim, os maiores teores de areia foram encontrados em todas as camadas, 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m dos sistemas DA > DF > DP; contrário disso, os teores de silte e argila apresentaram aumentos nas camadas mais profundas e diminuição nas camadas superiores, sendo verificados esses comportamentos nos sistemas DM > DB e PS (Tabela 3).

As diferenças das frações (areia, silte e argila) na mesma classe de solo, tem relação com posições na paisagem, contribuindo nos diferentes sistemas e para ambas as camadas avaliadas. Os sistemas DP, DA e DF encontram-se instalados na parte mais baixa do relevo oposto aos sistemas DB e DM; isto evidencia que a posição do perfil na paisagem tem uma importante função na distribuição das frações mais finas na toposseqüência, e, o papel fundamental do relevo na deposição desses materiais, o que explica os maiores teores de areia no sistema DA em relação ao sistema DM.

Pregitzer et al. (1983) e Campos et al. (2010), afirmam que as mudanças no solo, são em função do gradiente topográfico e posição da paisagem, sendo que estes geram variadas influências nas propriedades dos solos, mesmo quando são fortemente intemperizados e possuem grau elevado de homogeneidade, permitindo essas relações solo-paisagem associar atributos topográficos e tipos de solos.

Assim, Rodolfo-Junior et al. (2015), ao investigarem relações solo-paisagem em toposseqüências na fazenda água limpa, Distrito Federal, observaram que os solos com maior grau de intemperização ocorrem naturalmente no topo superior da toposseqüência, sendo que alguns materiais como a sílica e outros elementos vão sendo lixiviados, havendo um enriquecimento relativo em óxidos de Fe e Al.

Ainda, Uberti e Klamt (1984), ao estudarem as relações solos superfícies geomórficas no Nordeste do Rio Grande do Sul afirmam que a declividade do terreno pode influenciar grandemente na composição granulométrica do solo, pois a ação dos processos de transporte é favorecida pela declividade em detrimento do intemperismo. Mesmo assim, Pennock et al. (1987), relatam que o aumento da declividade influencia como fator de diminuição da espessura do horizonte A dos solos e aumento do conteúdo da fração areia.

Os teores de silte, foram baixos valores em todos os tratamentos avaliados, com aumento nas últimas camadas. Esses valores encontrados levam a uma baixa relação silte/argila com valores em torno de 0,3 a 0,5; podendo indicar estágios avançados de intemperização destes solos (PEREIRA et al., 2010).

Nesse contexto, dados encontrados neste trabalho concordam com Sousa (2010), ao avaliar qualidade físico-hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob agroecossistema e floresta nativa no Norte de Roraima, reportando valores para areia total de 774,00 a 810,00 g kg⁻¹ na camada 0-0,10 m; 716,00 a 768,00 g kg⁻¹ na camada 0,10-0,20 m e 654,00 a 720,00 g kg⁻¹ para a camada 0,20-0,40 m. Entretanto, para o silte valores de 38,00 a 82,00 g kg⁻¹; 50,00 a 92,00 g kg⁻¹ e 50,00 a 94,00 g kg⁻¹. Já, para os teores de argila valores de 138,00 a 162,00 g kg⁻¹; 174,00 a 216,00 g kg⁻¹ e 218,00 a 240,00 g kg⁻¹, valores referentes às camadas 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente.

Para o índice de floculação (IF) e o grau de dispersão (GD) também foram observadas diferenças para os diferentes sistemas avaliados e camadas. O sistema DM e DA apresentaram maior e menor IF, em relação aos demais tratamentos, em todas as camadas (Tabela 3).

De modo geral, os maiores valores de IF encontrados na camada de 0-0,10 m em todos os sistemas, devem-se principalmente às propriedades que exercem os teores de matéria orgânica sobre as partículas como agente floculante (FILHO et al., 2008). Além disso, soma-se o efeito dos minerais de argila, como é observado nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m para o sistema intercalar DM, com alto teor de argila, seguido dos sistemas DB e a área de pastagem solteira. Contrário disso, foi observado no sistema DA com o menor IF para todas as camadas, influenciado diretamente pelo alto teor de areia, aliado a um alto GD.

Nos sistemas de manejo conservacionista como os consórcios, a matéria orgânica exerce papel fundamental na agregação e estabilização das partículas. De acordo com Oades (1988), o fenômeno de dispersão e floculação dos solos é influenciado principalmente pela matéria orgânica, afetando o desenvolvimento da estrutura e o balanço das cargas elétricas do solo. No entanto, Gomes et al. (1994), relatam que também ocorre influencia dos minerais de argila, óxidos de ferro e alumínio.

O GD foi maior no sistema DA para todas as camadas, seguido dos sistemas DP e DF para a camada 0,10-0,30 m e com diminuição para as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m, podendo ser atribuído esse comportamento provavelmente à fração de areia e à redução e/ou baixos teores de matéria orgânica presente nessas camadas mais profundas. Contrário dos sistemas DB, DM e PS mostram valores superiores na camada 0,10-0,30 m, seguido da camada 0-0,10 e 0,30-0,50 m. Dessa forma, pode-se afirmar que existe influência dos minerais de argila sobre o elevado grau de floculação, além disso, dos teores de matéria orgânica que são superiores na camada superficial, diminuindo assim a dispersão das partículas.

Nesse contexto, é importante destacar que a dispersão e floculação da argila do solo não dependem somente do teor de matéria orgânica, mas também do manejo do solo que influencia algumas propriedades químicas como a neutralização do Al trocável, íon que estabiliza a estrutura do solo, e a elevação do pH do solo, que, na faixa de pH menor que 7,0 tem ação floculante, contribuindo para agregar as partículas unitárias do solo (PAVAN; ROTH, 1992).

Além de adubações e correção do solo (SPERA et al., 2008), sendo verificado esse efeito por Carvalho Junior et al. (1998), com os fertilizantes de elevado índice salino. Enquanto à calagem, por promover alterações como a elevação da carga líquida negativa e do potencial elétrico superficial em função do pH e da força iônica do meio, sendo que em solos tropicais, as cargas elétricas são predominantemente dependentes do pH (TISDALL; OADES, 1982).

Mesmo assim, o efeito agregante do Ca^{2+} é dependente da composição do complexo de troca sendo, sob condições normais, verificados apenas se predominarem cátions monovalentes, caso contrário predominem no complexo de troca de cátions trivalentes, o efeito do Ca^{2+} será o de provocar a dispersão do solo (TISDALL; OADES, 1982).

Assim, a estabilidade dos agregados do solo depende da textura, mineralogia (óxidos e silicatos), teores e tipos de cátions, pH e da matéria orgânica (MEURER, 2006). Esses fatores são determinantes da espessura da dupla camada difusa, que é importante e fundamental fator que influencia a dispersão e floculação de partículas, essa dupla camada difusa é alterada pela concentração e tipo de eletrólitos (Na^+ , K^+ , outros), cátions com alto grau de hidratação formam complexos de esfera externa e aumentam a distância entre as partículas; desse modo, as forças de atração de curto alcance não se manifestam e o sistema dispersa (MEURER, 2006).

11.2. Macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) e densidade do solo (Ds)

Na Tabela 4 são apresentadas as médias para as variáveis macroporosidade Mac, Mic, VTP e, Ds.

Tabela 4 - Valores de macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume de poros totais (VPT) e, a densidade do solo (Ds), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
Macroporosidade (%)				
Dendê x Pastagem (DP)	27,85 a A	12,93 a B	12,87 ab B	17,88
Dendê x Abacaxi (DA)	25,16 a A	13,66 a B	11,07 bc B	16,63
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	20,15 b A	13,16 a B	15,21 a B	16,17
Dendê x Banana (DB)	14,03 c A	8,38 b B	7,35 d B	9,92
Dendê x Mandioca (DM)	13,17 c A	8,49 b B	7,94 cd B	9,87
Pastagem Solteira (PS)	8,81 d A	10,60 ab A	5,76 d B	8,39
Médias	18,20	11,20	10,03	
Microporosidade (%)				
Dendê x Pastagem (DP)	16,53 d B	26,52 c A	27,06 c A	23,37
Dendê x Abacaxi (DA)	12,94 e C	18,40 e B	24,08 d A	18,47
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	20,96 c B	23,12 d AB	24,91 cd A	23,00
Dendê x Banana (DB)	28,43 b B	34,76 b A	36,90 b A	33,36
Dendê x Mandioca (DM)	28,80 b C	35,35 b B	37,71 b A	33,95
Pastagem Solteira (PS)	33,48 a C	38,16 a B	43,36 a A	38,33
Médias	23,52	29,38	32,34	
Volume Total de Poros (%)				
Dendê x Pastagem (DP)	44,38 a A	39,45 c B	39,93 c B	41,25
Dendê x Abacaxi (DA)	38,10 c A	32,06 e C	35,15 d B	35,10
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	41,11 b A	36,27 d B	40,12 c A	39,16
Dendê x Banana (DB)	42,46 ab A	43,13 b A	44,25 b A	43,28
Dendê x Mandioca (DM)	41,96 ab B	43,83 b AB	45,65 b A	43,81
Pastagem Solteira (PS)	42,29 ab B	48,75 a A	49,12 a A	46,72
Médias	41,72	40,58	42,37	

Continuação Tabela 4...

	Densidade do Solo (g cm^{-3})			
Dendê x Pastagem (DP)	1,21 c B	1,49 b A	1,46 a A	1,38
Dendê x Abacaxi (DA)	1,38 a C	1,56 a A	1,47 a B	1,47
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	1,33 ab B	1,50 ab A	1,38 b B	1,40
Dendê x Banana (DB)	1,33 ab B	1,38 c A	1,36 b AB	1,36
Dendê x Mandioca (DM)	1,32 ab B	1,39 c A	1,32 b B	1,34
Pastagem Solteira (PS)	1,30 b B	1,36 c A	1,35 b AB	1,33
Médias	1,31	1,44	1,38	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A macroporosidade foi maior na primeira camada, independentemente do sistema adotado, excetuando-se o sistema pastagem na camada 0,10-0,30 m que não diferiu da camada 0-0,10 m.

Na camada 0-0,10 m, a macroporosidade variou entre os sistemas, sendo DP e DA estatisticamente semelhantes e superiores aos demais. O sistema PS apresentou menor macroporosidade. Na camada de 0,10-0,30 m a amplitude dos valores foi menor, sendo a macroporosidade do sistema PS intermediário entre o grupo com maior valor, DP, DA e DF e menor valor, DB e DM. Na última camada o DF e DA apresentam maior macroporosidade (Tabela 4).

Houve diferenças entre as camadas para a microporosidade, ocorrendo na camada 0,30-0,50 m os maiores valores. Foram observadas variações de 12,94 a 33,48%; 18,40 a 38,16% e 24,08 a 43,36% para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Sendo que a última camada apresentou uma maior microporosidade para todos os sistemas, não diferindo apenas dos sistemas DP, DF e DB na camada 0,0-0,30 m. A primeira camada apresentou os menores valores de microporosidade, com o sistema DB apresentando 12,94% de microporosidade. Considerando apenas as camadas, pode-se observar maior microporosidade para o sistema PS, significativamente superior ao DP e DM, e uma menor microporosidade no sistema DA (Tabela 4).

Referente ao volume total de poros, os valores variaram de 38,10 a 44,30%; 32,06 a 48,75% e 35,15 a 49,12% para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Sendo os maiores valores encontrados para os sistemas DB, DM e PS, independentemente da camada, com aumentos ao longo do perfil. Enquanto para os sistemas DP, DA e DF, os valores superiores foram observados para a camada 0-10 cm, seguida da camada 30-50 cm, e valores inferiores para a camada 10-30 cm (Tabela 4).

Em relação à densidade do solo, foram observados valores de 1,21 a 1,30 g.cm^{-3} ; 1,36 a 1,56 g.cm^{-3} e 1,32 a 1,47 g.cm^{-3} , para as camadas 0-10, 10-30 e 30-50 cm respectivamente. A camada 0,10-0,30 m apresentou os maiores valores de densidade independentemente do tipo sistema avaliado. Os valores superiores foram verificados nos sistemas DP, DA e DF para todas as camadas, excetuando-se o sistema DP que mostrou os valores inferiores para a camada 0-0,10 m, em comparação aos outros sistemas (Tabela 4).

Os valores menores de 10% de macroporos nas áreas PS, DB e DM nas últimas camadas e aumentos da microporosidade, indicam valores críticos ocasionados pela possível compactação, tais valores podem propiciar problemas pela diminuição da difusão de oxigênio, limitando o metabolismo das raízes (XU et al., 1992; REICHERT et al., 2007). Além disso, os resultados demonstraram que a atividade agropecuária com o intenso pisoteio animal tende a reduzir a macroporosidade, convertendo esses poros a microporos, gerando compactação e altos valores na densidade, principalmente nas camadas mais superficiais do solo.

A compactação tem-se tornado como uma das principais causas de degradação do solo (DRESCHER et al., 2011; MAZURANA et al., 2013), modificando o volume, continuidade e tamanho dos poros (TORMENA et al., 2007), afetando diretamente a porosidade total, com diminuição da macroporosidade e aumentos da microporosidade e densidade do solo (KLEIN; LIBARDI, 2002), conseqüentemente com efeitos negativos na retenção de água e trocas gasosas (DRESCHER et al., 2011).

Os maiores valores de macroporosidade para os sistemas DP, DA e DF podem ser explicados pelos altos teores de areia encontrados para todas as camadas em relação aos demais sistemas (Tabela 3). Nesses tratamentos também foram observadas maiores quantidades de raízes e serapilheira nas primeiras camadas. Nos sistemas intercalares DB, DM e PS, valores inferiores de macroporos e superiores de microporos, com aumentos nas camadas internas, podem ser atribuídos aos altos teores de argila (Tabela 3), assim como ao pastejo intenso no sistema PS devido à pressão provocada pelo pisoteio nas primeiras camadas e, o impacto direto da chuva no solo descoberto.

Enquanto nos sistemas DB e DM provavelmente a pressão exercida sobre o solo pelo crescimento das raízes das culturas intercalares, assim como a ocupação das raízes nos poros, influenciaram nesse comportamento. White e Young (1998),

observaram maiores valores de microporosidade e diminuição da macroporosidade (compactação) no solo no entorno de raízes, provocadas pelo crescimento e pressão das mesmas. Além disso, os sistemas DB, DM e PS apresentaram altos teores de argila (Tabela 3), o que demonstra a importância e influência do tamanho das partículas do solo na porosidade, provavelmente também à presença de colóides minerais que contribuem para a união das partículas unitárias com aumentos na porosidade do solo.

Os altos teores de argila presente nesses sistemas intercalares DB, DM e a área PS, propicia boas condições físicas ao solo como: armazenamento de água, melhoria da drenagem e a aeração, melhor desenvolvimento radicular, maior atividade dos microrganismos e maior mineralização da matéria orgânica. No caso dos sistemas intercalares DP, DA e DF, com os maiores teores de areia (Tabela 3), apresentaram uma VTP caracterizado principalmente pela presença de macroporos, o que lhes confere rápido escoamento da água com um maior estresse provocado para os microrganismos, sendo a matéria orgânica mais facilmente perdida pela oxidação, e conseqüentemente, um desenvolvimento mais crítico das culturas.

Nesse contexto, solos arenosos por possuírem partículas maiores, apresentam espaço poroso constituído por macroporos com volume de poros total menor, em comparação aos de textura argilosa, onde a formação de microagregados pelas partículas de argila aumenta a microporosidade (KLEIN, 2005).

Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com Colodel (2014), ao avaliar atributos físicos e biológicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em diferentes sistemas de uso e profundidades na região amazônica, constatando valores superiores de macroporosidade de 11,29%; 9,36% e 10,07% nos sistemas de uso convencional, de 13,66%; 10,66 % e 8,53% para uma área de café; enquanto em 3 áreas de pastagem variações de 7,67 a 8,69%; 7,34 a 8,31% e 7,95 a 10,25%, valores referentes para as camadas 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m respectivamente, além disso, aumentos na microporosidade.

Ainda, Argenton et al. (2005), ao compararem mata nativa, preparo convencional e reduzido. Após cinco anos de uso, o sistema de preparo reduzido sem o uso de plantas de cobertura não recuperou as propriedades relacionadas com a estrutura; entretanto, com a introdução delas, especialmente da mucuna-cinza (*Stilozobium niveum* Kuntze), consorciadas ao milho, verificou-se aumento da

macroporosidade, da porosidade total e da condutividade hidráulica saturada, bem como redução da densidade do solo, em relação ao sistema milho isolado, entretanto no sistema convencional não foram encontradas essas melhorias.

Com respeito à densidade do solo foram encontradas diferenças, sendo o maior valor encontrado para o sistema DA, em todas as camadas, no entanto, na primeira camada 0-0,10 m este não diferiu significativamente dos sistemas DF, DB e DM. Na camada 0,10-0,30 m não diferiu do sistema DF e na camada 0,30-0,50 m não diferiu do sistema DP. O sistema DP na camada 0-0,10 m apresentou os valores mais baixos diferindo dos outros sistemas. Entretanto, os sistemas DB, DM e PS mostraram valores menores em todas as camadas. De forma geral, as áreas com maiores teores de areia (DP, DA e DF) mostraram menor porosidade total e maiores densidades (Tabela 4), o que está de acordo com Brady (1989), que observou redução da porosidade total para solos mais arenosos.

A maioria das culturas podem ser afetadas negativamente quando a densidade do solo ultrapassa valores de $1,50 \text{ g cm}^{-3}$, devido ao impedimento de crescimento radicular e respiração das mesmas por falta de oxigênio, assim como dificuldade mecânica (SOUZA et al., 1997). Desse modo, os ambientes avaliados encontram-se abaixo desse nível, com exceção dos sistemas DP, DF ($1,49; 1,50 \text{ g cm}^{-3}$) com valores no limite e DA ($1,56 \text{ g cm}^{-3}$) com valores superiores, na camada 0,10-0,30 m (Tabela 4).

Nesse sentido, muitos pesquisadores têm proposto valores a considerar como níveis críticos, levando em consideração a granulometria do solo. Assim Reichert et al. (2003) estimaram valores para a densidade do solo de acordo ao tipo de textura, de $1,30$ a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ para solos argilosos, de $1,40$ a $1,50 \text{ g cm}^{-3}$ para os franco-argilosos e, valores de $1,70$ a $1,80 \text{ g cm}^{-3}$ para os solos arenosos. Dados encontrados nesta pesquisa se enquadram nessa faixa de variações quando comparados com sua textura, portanto, não apresentando níveis críticos para o desenvolvimento do sistema radicular.

Resultados semelhantes foram verificados por Sousa (2010), ao avaliar a qualidade físico-hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob agroecossistema e floresta nativa no Norte de Roraima. Observou valores para a densidade de $1,51; 1,64$ e $1,71 \text{ g cm}^{-3}$ para áreas de pastagem; $1,75; 1,78$ e $1,72 \text{ g cm}^{-3}$ para áreas de

plântio convencional e 1,54; 1,67 e 1,70 g cm⁻³ em áreas de cultivo mínimo, nas camadas 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente.

Ressaltando também, que os sistemas que se encontraram instalados na parte mais alta da paisagem DB, DM e PS, apresentaram uma textura com maiores teores de argila, porém, maior porosidade e menor densidade.

11.3. Estabilidade de agregados (EA)

Os resultados relacionados à distribuição de classes de tamanho e estabilidade de agregados são apresentados na Tabela 5, e demonstram que houve diferença significativa nos diferentes sistemas avaliados e profundidades, com interação entre esses fatores.

Tabela 5 - Valores de das distribuições das classes e tamanho dos agregados, em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistemas de uso	Tamanho de agregados	Camada (m)			Médias
		0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
		(%)			
Dendê x Pastagem (DP)	8-4 mm	76,94 bc AB	80,59 a A	72,24 a B	76,59
Dendê x Abacaxi (DA)		74,20 bc A	62,97 c B	44,16 c C	60,44
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		81,94 ab A	69,45 bc B	57,42 b C	69,60
Dendê x Banana (DB)		80,63 ab A	76,24 ab A	71,45 a A	74,44
Dendê x Mandioca (DM)		90,33 a A	81,76 a B	66,55 ab C	79,55
Pastagem Solteira (PS)		70,16 c A	73,54 ab B	75,46 a A	70,05
Médias		78,20	72,59	64,55	
Dendê x Pastagem (DP)	4-2 mm	17,25 a A	11,41 b B	14,88 b AB	14,51
Dendê x Abacaxi (DA)		10,50 b B	14,22 b AB	19,56 ab A	14,76
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		8,77 bc C	17,11 ab B	25,00 a A	16,96
Dendê x Banana (DB)		8,12 bc A	13,92 b A	15,46 b A	14,17
Dendê x Mandioca (DM)		6,14 c B	11,52 b B	24,03 a A	13,90
Pastagem Solteira (PS)		19,27 a AB	12,64 a A	14,60 b B	18,17
Médias		12,34	14,97	18,92	
Dendê x Pastagem (DP)	2-1 mm	1,23 a	0,74 b	1,89 a	1,29
Dendê x Abacaxi (DA)		2,76 a	3,52 ab	3,02 a	3,27
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		0,83 a	2,34 ab	3,92 a	2,36
Dendê x Banana (DB)		2,28 a	2,14 ab	3,74 a	2,72
Dendê x Mandioca (DM)		0,22 a	1,54 ab	1,56 a	1,11
Pastagem Solteira (PS)		1,90 a	4,35 a	3,74 a	3,09
Médias		1,54	2,44	2,95	
Dendê x Pastagem (DP)	1-0,5 mm	0,86 b B	1,72 b AB	3,02 c A	1,87
Dendê x Abacaxi (DA)		2,81 ab C	4,84 a B	12,86 a A	6,84
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		1,78 ab B	3,30 ab B	6,06 b A	3,71
Dendê x Banana (DB)		3,02 a A	1,98 b A	3,08 c A	2,69
Dendê x Mandioca (DM)		0,77 b A	1,38 b A	2,43 c A	1,53
Pastagem Solteira (PS)		3,34 a AB	4,30 a A	2,32 c B	3,32
Médias		2,10	2,92	4,96	
Dendê x Pastagem (DP)	0,5-0,25 mm	1,35 b B	2,00 cd B	3,49 b A	2,28
Dendê x Abacaxi (DA)		3,51 a C	5,41 a B	12,68 a A	7,20
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		2,16 ab B	3,77 b A	4,08 b A	3,34
Dendê x Banana (DB)		2,26 ab A	1,66 cd A	1,68 c A	1,87
Dendê x Mandioca (DM)		0,88 b A	1,06 d A	1,55 c A	1,16
Pastagem Solteira (PS)		3,13 a A	2,52 bc AB	1,58 c B	2,41
Médias		2,22	2,74	4,18	

Continuação Tabela 5...

Dendê x Pastagem (DP)		0,77 c B	1,88 bc A	2,11 b A	1,59
Dendê x Abacaxi (DA)	0,25- 0,105 mm	3,29 a B	3,48 a B	4,92 a A	3,90
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		1,98 b A	2,24 b A	2,04 b A	2,09
Dendê x Banana (DB)		1,12 bc A	1,16 cd A	1,36 bc A	1,21
Dendê x Mandioca (DM)		0,68 c A	0,78 d A	0,90 c A	0,79
Pastagem Solteira (PS)		1,82 b A	1,41 bcd A	1,00 c A	1,41
Médias			1,61	1,83	2,06
Dendê x Pastagem (DP)		0,10 c B	0,50 a A	0,48 ab A	0,36
Dendê x Abacaxi (DA)	0,105- 0,053 mm	0,60 b A	0,54 a A	0,66 a A	0,60
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		1,02 a A	0,48 a B	0,44 ab B	0,65
Dendê x Banana (DB)		0,26 bc A	0,32 a A	0,52 ab A	0,37
Dendê x Mandioca (DM)		0,22 bc A	0,26 a A	0,24 b A	0,24
Pastagem Solteira (PS)		0,44 bc A	0,32 a A	0,28 ab A	0,35
Médias			0,44	0,40	0,44
Dendê x Pastagem (DP)		0,44 a B	0,38 b B	1,38 a A	0,73
Dendê x Abacaxi (DA)	<0,053 mm	0,80 a B	1,64 a A	0,68 b B	1,04
Dendê x Feijão-Caupi (DF)		0,80 a A	0,80 b A	0,66 b A	0,75
Dendê x Banana (DB)		0,70 a A	0,78 b A	0,64 b A	0,71
Dendê x Mandioca (DM)		0,30 a B	0,36 b B	0,84 ab A	0,50
Pastagem Solteira (PS)		0,26 a A	0,38 b A	0,32 b A	0,32
Médias			0,55	0,72	0,75

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para os agregados estáveis (> 4 mm) foram encontrados valores de 74,20 a 90,33%; 62,97 a 81,76% e de 44,16 a 75,46% nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Enquanto para os agregados (4-2 mm), verificaram-se valores de 6,14 a 18,27%; 11,41 a 21,64% e de 14,88 a 25,00%, na mesma sequência de camadas.

Os maiores percentuais de agregados estáveis maiores de 2 mm foram observados na camada de 0-0,10 m, em todos os tratamentos. Apenas os sistemas DP e DB não apresentaram diferenças significativas entre as camadas, enquanto o sistema PS, diferiu estatisticamente apenas na camada 0,10-0,30 m em relação às demais. O sistema DM instalado na área mais elevada da topossequência apresentou maiores teores de argila, o que pode estar relacionado à maior estabilidade de agregados em água, demonstrando que a formação dos agregados parece estar mais intimamente relacionada com a textura do solo, além disso, soma-se a interação da parte mineral com a matéria orgânica.

Segundo Russel (1973), dentre as partículas minerais primárias do solo, a argila é o fator mais importante para a estabilidade de agregados, pois a presença de colóides minerais contribui para a união das partículas unitárias, favorecendo a formação e estabilização dos agregados do solo. Entre essas partículas, as principais são: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes,

carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

Além disso, outros agentes cimentantes dos agregados podem ser citados, como: as raízes de plantas e resíduos vegetais (SILVA; MIELNICZUK, 1998), assim como as práticas de manejo do solo influenciam este fator (LIMA et al., 2003). A fração argila exerce domínio sobre o comportamento do solo em virtude de sua pequena dimensão, o que aumenta de maneira significativa sua superfície específica, e da presença de cargas negativas permanentes (DUFRANC, 2004).

Embora, a área PS não tenha mostrado esse comportamento na primeira camada 0-0,10 m, fato provável, pelo intenso pisoteio animal e o impacto da chuva, más nas suas camadas mais profundas (0,10-0,30 e 0,30-0,50 m) aumentaram, tanto para agregados (8-4 e 4-2 mm) e, os microagregados, se diferenciando das outras áreas de manejo agrícola. Roscoe e Machado (2002), relatam que em áreas com gramíneas a estabilidade dos agregados seja maior em relação às áreas com usos agrícolas. Além disso, Silva e Mielniczuk (1997), relatam que as gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, contribuindo para sua formação e estabilidade, podendo ser utilizadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas.

Nesse sentido, a vegetação é um fator importante na formação e estabilização de agregados do solo, como foi observado no caso da área PS e DP pelo aporte de resíduos e o alto volume radicular das gramíneas. As raízes tem ação mecânica e liberam algumas substâncias como os exsudatos de alto peso molecular que atuam cimentando as partículas do solo, agindo na agregação e estabilização, e, indiretamente, fornece nutrientes aos organismos do solo (KIEHL, 1979; REID; GOSS, 1982).

Ressalta-se também, que o sistema DF apresentou uma textura com os altos teores de areia (Tabela 3) e, uma boa agregação (classe de tamanho 8-4 e 4-2 mm). O teor de matéria orgânica presentes na primeira camada nesse sistema influenciou na agrupação e formação de agregados mais estáveis, visto que a matéria orgânica do solo é um eficiente agente cimentante, formando ligações por meio de cátions polivalentes, com as superfícies inorgânicas do solo (TISDALL; OADES, 1982).

Para os agregados (2-1 mm) apenas foi observada diferença na camada 0,10-0,30 m para os diferentes sistemas avaliados. Enquanto, para as frações de microagregados (<1 mm), todos os sistemas mostraram aumentos em medida aumentavam as profundidades, se distribuindo essas massas de agregados mais homogeneamente.

Os processos de degradação dos agregados do solo em áreas de pastagem ou agrícolas, podem ser revertidos com o uso de um manejo adequado, com a integração de culturas perenes que propiciem aumentos nos teores orgânicos, influenciando diretamente na formação e estruturação das suas partículas.

De forma geral, os maiores percentuais de agregados (8-4 e 4-2 mm), foram observados na camada superior (0-0,10 m) para todos os sistemas, com tendência a diminuir ao longo do perfil (0,10-0,30 e 0,30-0,50 m). Enquanto para os agregados (<2 mm), o comportamento foi inverso, com os maiores tamanhos na camada mais profunda (0,30-0,50 m, seguida das camadas 0,10-0,30 e 0-0,10 m).

11.4. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e Índice de sensibilidade (IS)

A estabilidade estrutural do solo também foi representada pelos índices, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS), contidos na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e, o índice de sensibilidade (IS) em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
DMP (mm)				
Dendê x Pastagem (DP)	5,17 b A	5,21 a A	4,85 a B	5,08
Dendê x Abacaxi (DA)	4,85 b A	4,32 d B	3,45 c C	4,20
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	5,22 ab A	4,76 bc B	4,32 b C	4,77
Dendê x Banana (DB)	5,00 b A	5,00 b A	4,84 a A	4,91
Dendê x Mandioca (DM)	5,62 a A	5,29 a A	4,76 a B	5,22
Pastagem Solteira (PS)	4,83 b AB	4,63 cd B	5,04 a A	4,83
Médias	5,11	4,83	4,54	
DMG (mm)				
Dendê x Pastagem (DP)	4,68 ab A	4,49 a A	3,78 bc B	4,32
Dendê x Abacaxi (DA)	3,79 c A	3,15 d B	2,11 d C	3,02
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	4,32 bc A	3,77 c B	3,32 c B	3,80
Dendê x Banana (DB)	4,26 bc A	4,38 ab A	4,14 ab A	4,26
Dendê x Mandioca (DM)	5,24 a A	4,82 a A	4,13 ab B	4,73
Pastagem Solteira (PS)	3,99 c AB	3,80 bc B	4,43 a A	4,07
Médias	4,38	4,07	3,65	

Continuação Tabela 6...

	IS			
Dendê x Pastagem (DP)	1,07 ab A	1,13 ab A	0,96 ab B	1,05
Dendê x Abacaxi (DA)	1,00 b A	0,93 d A	0,68 c B	0,87
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	1,08 ab A	1,03 bcd A	0,86 b B	0,99
Dendê x Banana (DB)	1,04 b AB	1,09 abc A	0,96 ab B	1,03
Dendê x Mandioca (DM)	1,16 a A	1,15 a A	0,95 ab B	1,08
Pastagem Solteira (PS)	1,00 b A	1,00 cd A	1,00 a A	1,00
Médias	1,06	1,05	0,90	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O DMP demonstra a estabilidade da estrutura frente à ação de desagregação da água, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo à erosão hídrica, sendo maior quanto maior for a percentagem de agregados grandes. Entretanto, o DMG representa uma estimativa do tamanho dos agregados de maior ocorrência (BERTOL et al., 2004).

Os melhores resultados para o DMP na camada 0-0,10 m, foram encontrados nos sistemas DM (5,62 mm), seguido do sistema DF (5,22 mm) o qual não diferiu dos demais sistemas, podendo ser demonstrado mais uma vez a influência do sistema radicular das gramíneas na estabilização dos agregados do solo. Na camada 0,10-0,30 m os tratamentos DP e DM continuaram com altos DMP, enquanto o sistema DA apresentou o menor DMP. Na última camada o menor valor ainda foi observado para o sistema DA (3,45 mm) significativamente inferior ao maior valor encontrado no sistema PS, diferindo apenas do sistema DF.

O DMG também acompanhou a mesma seqüência que do DMP, com os valores superiores nos sistemas DM (5,24 mm) > DP (4,68 mm) > DF (4,32 mm), seguido de DB (4,26 mm) na camada 0-0,10 m, e com os valores inferiores PS e DA (3,99 e 3,79 mm respectivamente), com tendências a diminuir quando aumenta a profundidade (camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m), ressaltando o sistema PS com os maiores valores (4,43 mm na camada 0,30-0,50 m). Os valores de DMP são próximos dos encontrados por Pillom (2006), que relata valores máximos para o DMP de 5,2 mm em Cambissolos, analisados na Serra do Sudoeste do RS.

Para o índice de sensibilidade (IS) nos diferentes sistemas avaliados, apresentou o mesmo comportamento que do DMP e o DMG, com os valores superiores para a camada 0-0,10 m, nos sistemas de uso DM (1,16) > DF (1,08) = DP (1,07), mantendo essa seqüência em todas as camadas (0,10-0,30 e 0,30-0,50 m). Já, os valores menores foram verificados para os sistemas DB (1,04) > DA (1,00) com valores decrescentes em todas as camadas, sendo que o sistema PS foi

utilizado como área testemunha ou de comparação, com valor de referência (1,00 mm).

Segundo Araújo (2008), um agregado de elevado diâmetro médio ponderado (DMP) nem sempre apresenta adequada distribuição de tamanho de poros no seu interior, o que implica na qualidade estrutural. O índice de sensibilidade (IS), para o DMP de agregados, pode demonstrar que um determinado sistema de manejo implica em maior degradação em relação ao sistema natural, sendo necessário avaliar e analisar em todo seu contexto.

O IS quanto mais próximo estiver da unidade do índice usado na área PS (1,00) (DMP dos sistemas/DMP da área de pastagem), maior é a estabilidade do sistema e menor são os riscos de desestruturação dos agregados, como é mostrado nos sistemas de uso DM > DP e DB para todas as camadas. Na literatura, têm-se mostrado valores mais baixos para esses índices. Neste trabalho se apresentaram valores elevados, fato, que resulta da maior ocorrência que tiveram os maiores percentagem de agregados 8-4 e 4-2 mm para todos os sistemas, influenciando diretamente os valores de todos os índices (Tabela 5).

Enquanto Sousa (2010), ao estudar o IS em um Argissolo Vermelho-Amarelo no Norte da Amazônia, constatou valores máximos de 1,02; 1,09 e 1,12 nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m respectivamente, sendo observados os maiores valores em áreas de pastagem em comparação com sistemas de uso agrícola.

De forma geral, para a distribuição dos índices DMP, DMG e o IS nos diferentes sistemas de uso e profundidades, observaram-se valores decrescentes ao longo do perfil (Tabela 6), podendo estar relacionados à redução dos teores de matéria orgânica nessas camadas, como relatado por Maia et al. (2006), ou ligada a uma pequena interação da parte mineral com a matéria orgânica e/ou agentes cimentantes (BAVER et al., 1973), sendo constatados efeitos semelhantes por Albuquerque et al. (1994) em Argissolos com sistemas de pastagem.

Assim para os macroagregados, houve uma forte influência da MO e minerais de argila como agentes cimentantes, promovendo assim melhor formação, estabilização e resistência dos agregados, denotados por maiores valores de DMP, DMG e IS. Além disso, deve-se considerar a quantidade e qualidade de argila e seu grau de dispersão e floculação que afetam diretamente a agregação do solo.

11.5. Análises de Correlação de Pearson

Em relação às análises de correlação de Pearson para os atributos físicos do solo, estão apresentadas nas Tabelas 7, 8 e 9, realizadas de forma conjunta para os seis sistemas agrícolas DP, DA, DF, DB, DM e PS, só separadas entre camadas, a fim de medir a magnitude da associação linear para cada dois atributos físicos estudados.

Contudo, é marcante a importância da textura quando correlacionadas com as outras propriedades físicas do solo, como a macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, o índice de floculação contribuindo de forma positiva na formação e estabilização dos agregados, denotado pelos altos valores nos índices DMP, DMG e, o IS.

Nesse sentido, foram observadas correlações positivas e altamente significativas entre o índice de floculação com a areia, silte e a argila, com um coeficiente de correlação (r) 0,71 ($p \leq 0,01$); 0,42 ($p \leq 0,05$) e 0,66 ($p \leq 0,01$) para a camada 0-0,10 m (Tabela 7). Enquanto para a camada 0,10-0,30 m foram observadas correlações de 0,81; 0,66 e 0,83 ($p \leq 0,01$) (Tabela 8). Já, para a camada 0,30-0,50 m valores de 0,95; 0,81 e 0,70 ($p \leq 0,01$) (Tabela 9).

Tabela 7 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	Ds	Mac	Mic	VTP	DMP	DMG	IS	Areia	Silte	Argila	IF	GD
Ds	~											
Mac	-0,21ns	~										
Mic	-0,04ns	-0,95**	~									
VTP	-0,76**	0,00ns	0,33ns	~								
DMP	-0,09ns	-0,03ns	0,12ns	0,18ns	~							
DMG	-0,32ns	-0,09ns	0,21ns	0,38ns	0,95**	~						
IS	-0,09ns	-0,07ns	0,13ns	0,19ns	1,00**	0,94**	~					
Areia	0,04ns	0,77**	-0,81**	-0,26ns	-0,39ns	-0,48*	-0,39ns	~				
Silte	-0,36ns	-0,10ns	0,20ns	0,32ns	0,11ns	0,04ns	0,10ns	-0,26ns	~			
Argila	0,11ns	-0,78**	0,80**	0,21ns	0,43*	0,49**	0,42*	-0,98**	-0,08ns	~		
IF	-0,56**	-0,45*	0,65**	0,70**	0,50**	0,69**	0,51**	-0,71**	0,42*	0,66**	~	
GD	0,56**	0,45*	-0,65**	-0,70**	-0,50**	-0,69**	-0,51**	0,71**	-0,42*	-0,66**	-1,00**	~

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Resultados encontrados nos sistemas DP, DA e DF podem ser explicados principalmente pelos altos valores nos teores de areia encontrados em todas as camadas (Tabela 3), influenciando o volume de macroporos. Também foi observada maior quantidade de raízes e serapilheira presentes na camada superficial. Além

disso, correlações positivas e altamente significativas foram verificadas entre os teores de areia e a macroporosidade em todas as profundidades avaliadas, com um coeficiente de correlação (r) de 0,77; 0,82 e 0,72 ($p \leq 0,01$) para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 7, 8 e 9), que também justificam esses altos valores de macroporos.

Os sistemas DB, DM e PS, apresentaram altos teores de argila (Tabela 3), o que demonstra a importância e influência das partículas do solo na porosidade, provavelmente também à presença de colóides minerais que contribuem para a união das partículas unitárias o que pode favorecer a porosidade do solo, sendo que esta é inversamente proporcional à densidade do solo, ou seja, quanto maior a porosidade, menor é a densidade do solo e, conseqüentemente, menor a compactação do mesmo. Sendo encontradas correlações positivas e significativas dos teores de argila com a microporosidade, com um coeficiente de correlação (r) de 0,80; 0,73 e 0,57 ($p \leq 0,01$) nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m respectivamente (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,10-0,30 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	Ds	Mac	Mic	VTP	DMP	DMG	IS	Areia	Silte	Argila	IF	GD
Ds	~											
Mac	0,63**	~										
Mic	-0,93**	-0,80**	~									
VTP	-0,94**	-0,60**	0,96**	~								
DMP	-0,29ns	-0,48*	0,42*	0,34ns	~							
DMG	-0,44*	-0,58**	0,56**	0,48*	0,95**	~						
IS	-0,21ns	-0,48*	0,38ns	0,29ns	0,96**	0,92**	~					
Areia	0,76**	0,82**	-0,78**	-0,65**	-0,53**	-0,65**	-0,48*	~				
Silte	-0,75**	-0,66**	0,74**	0,67**	0,34ns	0,45*	0,33ns	-0,86**	~			
Argila	-0,70**	-0,84**	0,73**	0,59**	0,57**	0,69**	0,52**	-0,97**	0,73**	~		
IF	-0,64**	-0,78**	0,69**	0,56**	0,73**	0,79**	0,67**	-0,81**	0,66**	0,83**	~	
GD	0,64**	0,78**	-0,69**	-0,56**	-0,73**	-0,79**	-0,67**	0,81**	-0,66**	-0,83**	-1,00**	~

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Nessa relação antes exposta houve uma alta correlação positiva e significativa dos macros e microporos com a porosidade total para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, com um coeficiente de correlação (r) de 0,60 e 0,60 ($p \leq 0,01$) para os valores de macroporos e (r) de 0,96 e 0,92 ($p \leq 0,01$) para os valores de microporos (Tabelas 8 e 9), constatado assim a maior influência da percentagem de microporos no volume total do espaço poroso no solo.

Ressaltando também, que os sistemas que se encontraram instalados na parte mais alta da paisagem DB, DM e a área secundária PS, apresentaram uma textura com maiores teores de argila, porém, maior porosidade e menor densidade do solo. Provavelmente nessas áreas têm presença de colóides minerais que contribuem para a união e melhores arranjos nas partículas unitárias, o que pode favorecer a porosidade do solo, sendo que esta é inversamente proporcional à densidade do solo, ou seja, quanto maior a porosidade, menor é a densidade do solo e, conseqüentemente, menor a compactação do mesmo.

Constatado assim, pelas altas correlações positivas e significativas da porosidade total com a densidade do solo, para todas as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, com um coeficiente de correlação (r) de 0,76; 0,94 e 0,82 ($p \leq 0,01$) (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 9 - Correlação de Pearson entre os diferentes atributos físicos do solo, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,30-0,50 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	Ds	Mac	Mic	VTP	DMP	DMG	IS	Areia	Silte	Argila	IF	GD
Ds	~											
Mac	0,39ns	~										
Mic	-0,70**	-0,87**	~									
VTP	-0,82**	-0,60**	0,92**	~								
DMP	-0,60**	-0,35ns	0,67**	0,80**	~							
DMG	-0,69**	-0,43*	0,74**	0,85**	0,97**	~						
IS	-0,60**	-0,36ns	0,68**	0,81**	1,00**	0,95**	~					
Areia	0,77**	0,72**	-0,86**	-0,82**	-0,61**	-0,68**	-0,61**	~				
Silte	-0,61**	-0,72**	0,82**	0,75**	0,37ns	0,48*	0,36ns	-0,66**	~			
Argila	-0,50**	-0,46*	0,57**	0,55**	0,54**	0,55**	0,55**	-0,86**	-0,18ns	~		
IF	-0,80**	-0,79**	0,94**	0,88**	0,61**	0,72**	0,61**	-0,95**	0,81**	0,70**	~	
GD	0,80**	0,79**	-0,94**	-0,88**	-0,61**	-0,72**	-0,61**	0,95**	-0,81**	-0,70**	-1,00**	~

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Além disso, foram observadas correlações positivas e significativas dos teores de argila com o DMP, DMG, IS e o IF, com um coeficiente de correlação (r) de 0,43 ($p \leq 0,05$); 0,49 ($p \leq 0,01$); 0,42 ($p \leq 0,05$) e 0,66 ($p \leq 0,01$) para a camada 0-0,10 m (Tabela 7). No entanto, na camada 0,10-0,30 m foram encontrado valores (r) de 0,57; 0,69 e 0,52 e 0,83 ($p \leq 0,01$) (tabela 8). Já, para a camada 0,30-0,50 m, valores (r) de 0,54; 0,55 e 0,55 e 0,70 ($p \leq 0,01$) (Tabela 9).

11.6. Análises de componentes principais (ACP)

As análises de componentes principais foram realizadas de forma conjunta para os seis sistemas avaliados DP, DA, DF, DB, DM e PS, só separados pelas camadas (Figuras 3, 4 e 5), a fim de evidenciar numa representação gráfica, a interdependência dos atributos físicos estudados e tratando de encontrar com perda mínima de informação, um novo conjunto de variáveis (componentes principais) que expliquem a estrutura da variação, sendo representado o peso de cada variável analisada em cada componente (eixos).

Na Figura 3, estão representados os resultados da análise dos componentes principais (ACP), para os atributos físicos avaliados na camada 0-0,10 m, sendo explicado o 76,8% da variabilidade original dos dados, retidos nestes componentes.

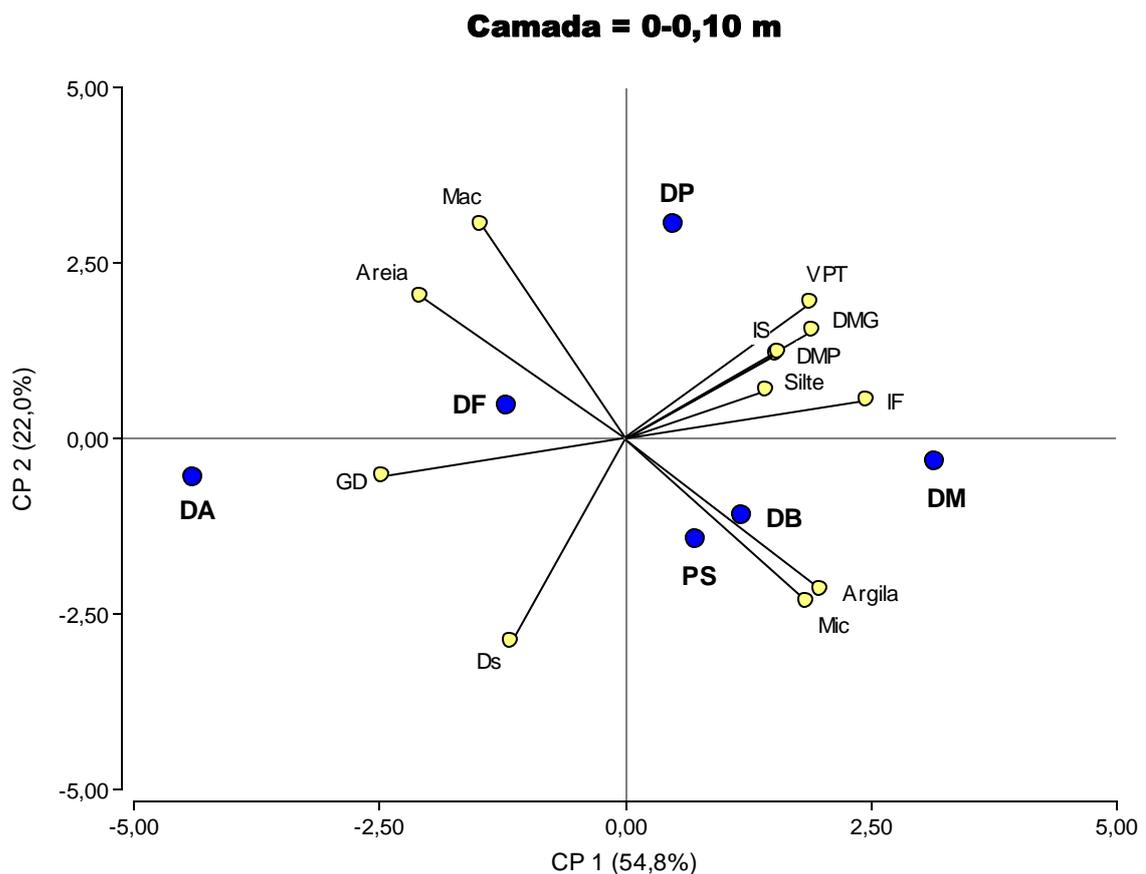


Figura 3 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0-0,10 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

A disposição da seqüência na Figura 3, evidência que os sistemas podem ser agrupados em dois conjuntos, o primeiro componente principal (CP 1) contribuiu com o 54,8% da variância total explicada, contudo a maior parte das variáveis que

foram afetadas fortemente, volume total de poros (VPT), diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de sensibilidade (IS), silte, contribuindo em forma positiva ao CP 1 e, inverso com as variáveis grau de dispersão (GD) e, a densidade do solo (Ds) que contribuiram negativamente.

Estes resultados indicam que o CP 1 permitiu distinguir as culturas que estão associadas a estas variáveis, DM que mais contribui preservando ou melhorando as condições físicas do solo e, menor efeito nos sistemas DP, DB e PS. O segundo componente principal (CP 2) explicou 22% relacionado às variáveis (Mac, Areia e GD). A análise deste componente mostrou também que estes atributos se projetaram negativamente com os atributos argila e Mic, sendo o sistema DA mais associado. Enquanto o sistema DF foi menos afetado por esses componentes.

Na Figura 4, são apresentados os resultados para os atributos físicos avaliados na camada 0,10-0,30 m, sendo explicado 92,2% da variabilidade original dos dados, retidos nestes componentes principais (ACP).

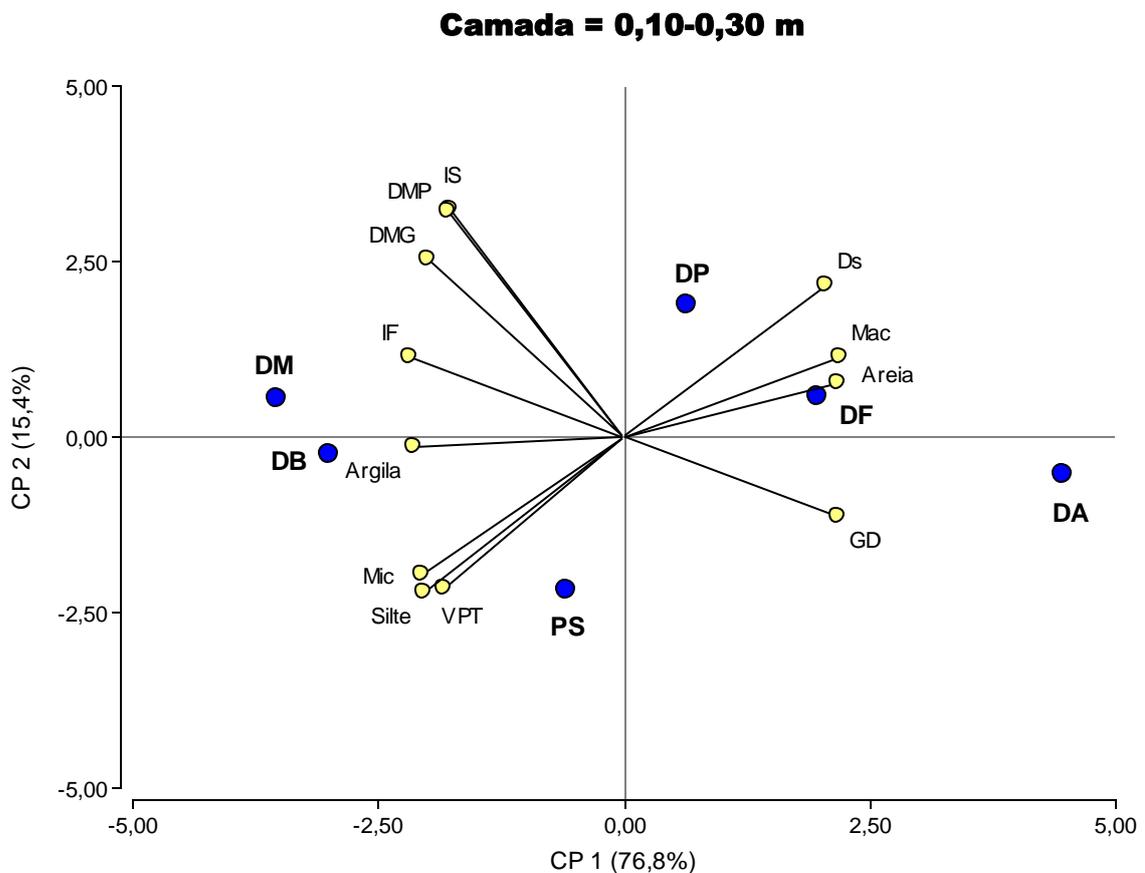


Figura 4 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0,10-0,30 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

O primeiro componente principal (CP 1) contribuiu com o 76,8% da variância total explicada, as variáveis que foram afetadas fortemente foram (teores de areia, Mac, Ds e, GD) contribuindo de forma positiva para a CP 1.

Esta seqüência mostrada no CP 1 foi inversa às observadas nas camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Figuras 3 e 5) uma textura com altos teores de areia, indicando alterações na porosidade e, a densidade do solo, distinguindo os sistemas DP, DF e DA, associadas a estas variáveis, afetando de forma negativa os atributos físicos do solo, com uma relação contrária às variáveis (argila, Mic, silte e VTP). O segundo componente principal (CP 2) explicou o 15,4% do total e esteve relacionado às variáveis (IS, DMP, DMG, IF e, argila), e, estes atributos projetaram-se negativamente com a variável grau de dispersão (GD), sendo os sistemas DM e DB que se mostraram mais associados.

A Figura 5 apresenta os resultados para os atributos físicos avaliados na camada 0,30-0,50 m, explicando o 91,4% da variabilidade original dos dados.

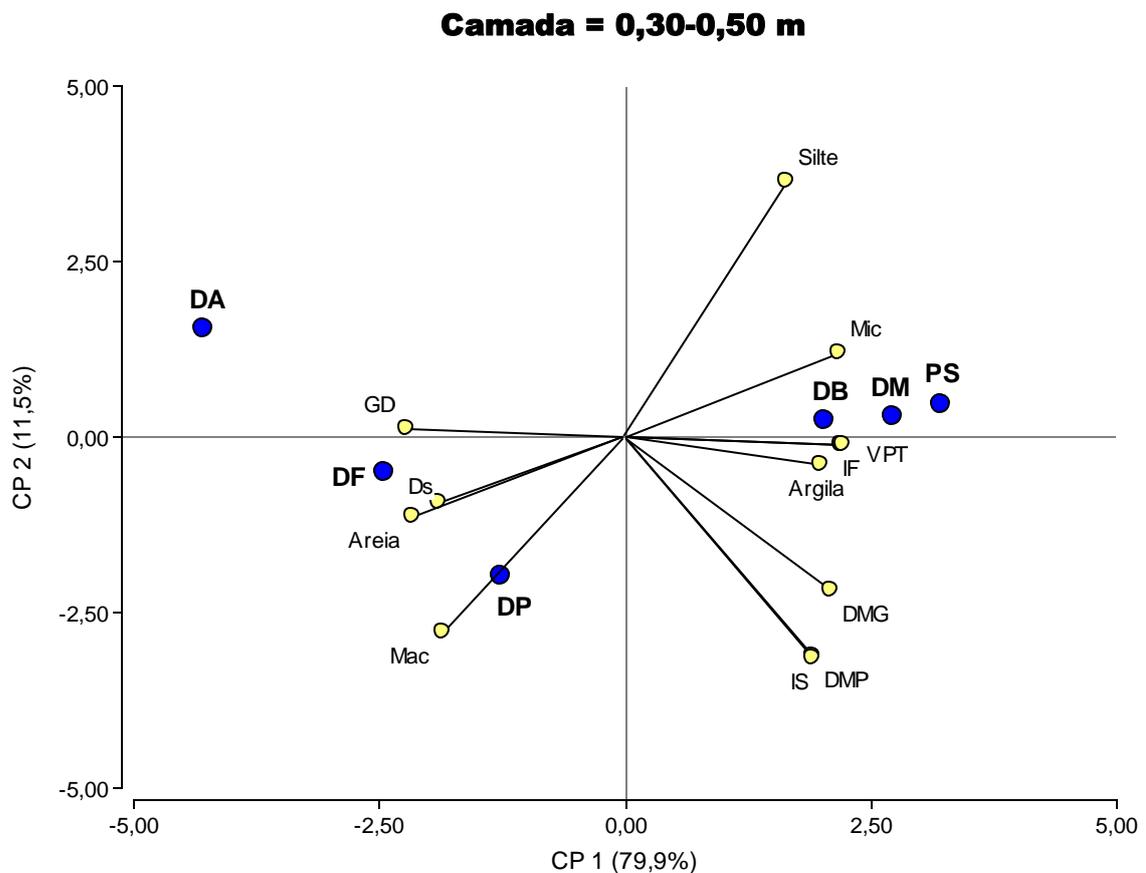


Figura 5 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos físicos, na camada 0,30-0,50 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

Esta seqüência evidencia que o primeiro componente principal (CP 1) contribuiu com o 79,9% da variância total explicada, contudo a maior parte das variáveis que foram afetadas fortemente: (Mic, VPT, IF e argila), contribuindo em forma positiva ao CP 1 e inverso com as variáveis: (Ds, areia e Mac), sendo os sistemas de uso DB, DM e PS associados a estas variáveis. Enquanto, o silte teve menos influência nos diferentes sistemas avaliados.

O segundo componente principal (CP 2) explicou o 11,5% do total, sendo relacionado às variáveis (GD e Ds). A análise deste componente mostrou também que estes atributos se projetaram negativamente com as variáveis (DMG, DMP e IS), sendo o sistema DA que se mostrou mais associado nesse componente e, com menor efeito para os sistemas DF e DP.

De forma geral, as análises de componentes principais (Figuras 3, 4 e 5) mostraram muita sensibilidade enquanto à discriminação e seleção categórica das variáveis nos diferentes sistemas avaliados. Na camada 0-0,10 m (Figura 3) foi encontrada uma granulometria com altos teores de areia, podendo ser observada a influência na porcentagem de macroporos e na densidade do solo, com prováveis problemas de compactação do solo. Sendo o sistema de uso mais associado nessas condições DA e, os sistemas DF e DP localizados mais no centro do gráfico podendo indicar que foram influenciados pelos valores da densidade do solo.

Enquanto, para a camada 0,10-0,30 m (Figura 4) foram observadas maiores alterações para os atributos físicos do solo avaliados, para o sistema DA. Sendo constatadas as maiores densidades, diminuição da porosidade e aumentos na compactação, acompanhado pela redução do índice de floculação, implicando numa maior tendência à desagregação ou facilidade para o solo se desestruturar, além disso, os sistemas DP e DF influenciados pelos altos teores de areia, macroporosidade e densidade do solo.

Já, para a camada 0,30-0,50 m (Figura 5), foi observado o mesmo comportamento que a camada 0-0,10 m, ressaltando a influência que têm os minerais de argila na formação e estabilização de agregados, associado aos sistemas de uso DB, DM, PS e, com menores efeitos mostrados nos sistemas DF e DP.

12. CONCLUSÕES

Os sistemas intercalares DM, DB e, a área de PS apresentam aumentos da microporosidade e porosidade total, redução da densidade do solo e maiores índices de agregação do solo;

Os sistemas intercalares DF e DP apresentam altos valores de macroporosidade, aumentos na densidade do solo e valores intermediários de agregação;

O sistema intercalar DA apresenta maior degradação física do solo, com alta densidade do solo, redução da porosidade total, maior índice de dispersão e problemas de agregação nas partículas;

Os atributos físicos do solo mostram-se serem bons indicadores para comparação dos diferentes sistemas intercalares (SAF'S) com a área PS.

CAPITULO 02 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO COM SISTEMAS DE PASTAGEM CONVERTIDA PARA O CULTIVO DE DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS INTERCALARES

Resumo - No Brasil, e principalmente na região Amazônica, a expansão agrícola e a degradação das áreas de pastagens têm-sido constantes nos últimos anos, podendo isto, comprometer e acarretar alterações das propriedades químicas do solo, diminuindo a qualidade deste, portanto, o manejo conservacionista e eficiente do solo faz-se necessário para restaurar e/ou melhorar seus atributos. Assim, ressalta-se a necessidade de adoção de alternativas como os SAF's; devido às vantagens de intercalar espécies com hábitos distintos de crescimento e produção. Com isso, o presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar as alterações nas propriedades químicas do solo em diferentes sistemas de cultivo de dendê com culturas intercalares. O experimento foi conduzido em uma área experimental da Embrapa, em São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, com coordenadas geográficas de referência 00° 51' 13,3" N e 60° 00' 19,8" W e uma altitude de 100 m, instalado sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições, referentes aos seis tratamentos: dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) com as culturas intercaladas (abacaxi, feijão caupi, banana, mandioca e pastagem, além de uma área adjacente com pastagem *Brachiaria humidicola* como testemunha, nas profundidades 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. Constataram-se os maiores valores de pH, Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ e diminuição do Al³⁺, nos sistemas intercalares DM, DB e DF para todas as camadas avaliadas, e com altos teores do complexo sortivo, CTCt, CTCe e V. Enquanto, os sistemas DP e DA mostraram esses aumentos em menor escala. Já, na área de pastagem PS foi corroborada como um sistema que apresentou baixa fertilidade, originado de suas condições naturais. Para o fósforo disponível, o sistema que melhor respondeu foi DM, com teores médios. No entanto, os micronutrientes disponíveis não apresentaram muitas diferenças em todos os sistemas avaliados.

Palavras-chave: Sistemas de produção. Agricultura familiar. Palma de óleo. Qualidade química do solo. Amazônia.

CHAPTER 2 - CHEMICAL ATTRIBUTES OF A RED-YELLOW ARGISSOL WITH PASTURE SYSTEMS CONVERTED FOR DENDÊ CULTIVATION (*Elaeis guineenses* Jacq.), UNDER INTERCALAR CULTURES

Abstract - In Brazil, and especially in the Amazon region, the agricultural expansion and the degradation of the pasture areas have been constant in the last years, being able to compromise and to cause alterations of the chemical properties of the soil, diminishing the quality of this one, therefore, the conservationist and efficient management of the soil is necessary for restore and/or improve its attributes. Thus, it is necessary to adopt alternatives such as SAF's; due to the advantages of intercalating species with distinct growth and production habits. Thus, the present work was carried out with the purpose of evaluating the changes in the chemical properties of the soil in different systems of palm crop with intercropping. The experiment was conducted in an experimental area of Embrapa, São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, with geographic coordinates of reference 00° 51' 13,3" N and 60° 00' 19,8" W and an altitude of 100 m. Installed on a Red-Yellow Argisol. The experimental design was completely randomized in a subdivided plots scheme with four replications, referring to the six treatments: palm oil (*Elaeis guineenses* Jacq.) with intercropped crops (pineapple, cowpea, banana, cassava and pasture), as well as an adjacent area *Brachiaria humidicola* pasture as a control at depths 0-0,10; 0,10-0,30 and 0,30-0,50 m. The highest values of pH, Ca²⁺, Mg²⁺ and K⁺, decrease of Al³⁺ in the intercalated DM, DB and DF systems were observed for all the layers evaluated, and with high sorption complex contents, CTCt, CTCe and V. The DP and DA systems showed these increases on a smaller scale. Already, in the pasture area PS was corroborated as a system that presented low fertility, originated from its natural conditions. For the available phosphorus, the system that responded best was DM, with average levels. However, the available micronutrients did not present many differences in all evaluated systems.

Key words: Production systems. Family farming. Oil palm. Soil chemical quality. Amazon.

13. INTRODUÇÃO

No Brasil, especificamente na Amazônia com o intenso desmatamento e conversão das florestas em áreas de pastagens (LIRA et al., 2006; SILVA et al., 2006), muitas áreas formadas e manejadas inadequadamente perdem a sua produtividade após alguns anos de uso (MACIEL et al., 2009; NEVES JUNIOR et al., 2013), em razão da baixa fertilidade natural que apresentam a maioria dos solos, nessa região (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1994).

A baixa fertilidade ligada à perda de nutrientes pela extração no processo produtivo tem aumentado a degradação nas áreas sob pastagens (PERON; EVANGELISTA, 2004), assim a manutenção da produtividade nos sistemas recai sobre a matéria orgânica, desempenhando importante função na reciclagem de nutrientes, tamponamento e alterações do pH, armazenamento e disponibilidade da água (RESCK et al., 1991).

A degradação dessas áreas pode afetar o ciclo do carbono, mudanças nos fatores bióticos (ocorrência de pragas e doenças, concorrência de plantas indesejáveis) (NASCIMENTO et al., 2006; DIAS FILHO, 2011), fixação em argila e matéria orgânica (PERON; EVANGELISTA, 2004; PIMENTA et al., 2010), processos erosivos e a estabilidade do solo (FREITAS et al., 2016) com diminuição da qualidade química.

Essa conversão de florestas nativas em pastagem em sistemas de pastejo contínuo, provocam reduções nos teores de carbono orgânico (CO) e carbono microbiano (qC_{mic}), sem alterações nos teores do N do solo, sendo mais notório os efeitos nas áreas com maior tempo de adoção (Cardoso et al., 2010).

Nessas áreas, a serapilheira depositada nas camadas do solo sofre decomposição em meio ácido, formando e liberando ácidos orgânicos, provocando acidificação do solo, com pH em valores inferiores a 5,0 (HAAG, 1985), fator que afeta na ciclagem dos nutrientes, sua indisponibilidade para as plantas, principalmente N, S e P (MONTEIRO; WERNER, 1989).

Além disso, há perdas consideráveis de N na forma de amônia, somado à lixiviação e remoção pelas culturas. O K, P e, a maioria dos micronutrientes podem ser fixados e convertidos quimicamente pelas reações de precipitação e adsorção ou perdidos por erosão e lixiviação (HAYNES; WILLIAMS, 1993; DIAS FILHO, 1998)

podendo também interagir e serem fixados por óxidos de alumínio e ferro (RAMOS et al., 2010).

Segundo Nascimento Júnior et al. (1994), a baixa fertilidade do solo leva à produção de plantas com baixos teores de nutrientes e, portanto, resíduos pobres, reduzindo a taxa de mineralização e implicando na imobilização por microrganismos do solo. Esse decréscimo na biomassa, normalmente, leva à degradação das pastagens aumentando as plantas invasoras, provocando um posterior abandono da área (DIAS FILHO, 1998).

Uma tecnologia para o enfrentamento desses problemas são os sistemas agroflorestais (SAF's) que representam um dos modelos mais antigos de uso e manejo da terra (BRANDY et al., 1994; ALMEIDA et al., 2002), podendo integrar espécies perenes ou lenhosas com culturas agrícolas e/ou pecuárias em arranjos espaciais e temporais (UMRANI; JAIN, 2010) garantindo uma alternativa sustentável, pela adequação às condições edafoclimáticas da região (LOSS et al., 2009) e abrangendo um amplo conjunto de sistemas, desde muito simplificados, compostos por duas ou poucas espécies, até os mais complexos e biodiversos (UMRANI; JAIN, 2010).

Os SAF's contribuem para a manutenção da fertilidade dos solos e o equilíbrio dos agrossistemas (DELARME LINDA et al., 2010), por promoverem maior cobertura do solo, produção de biomassa, acúmulo de carbono e remoção de nutrientes das camadas mais profundas, num processo de ciclagem que reduz as perdas por lixiviação e erosão.

A serapilheira surge como fonte e manutenção da matéria orgânica no solo (SMILEY; KROSCHEL, 2008; CASTRO et al., 2009) com acréscimos da diversidade e atividade biológica (DANIEL et al., 2013) e posterior disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente em solos tropicais de baixa fertilidade natural (SOUZA, 2009).

Pesquisa desenvolvida por Iwata et al. (2012), avaliando SAF's com diferentes idades e áreas com plantio de arroz e milho e floresta nativa, quanto aos efeitos nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado Piauiense, verificaram aumento no pH, Ca e Mg e diminuição do Al^{3+} , principalmente no SAF mais antigo, os autores consideraram esses resultados devido ao maior teor de MOS. Segundo Lima et al. (2010), acréscimos nos teores de N, P, K, Ca e Mg

nos SAF's, estão relacionado à grande atividade e diversidade da biota do solo, constituída por organismos decompositores.

Nesse contexto, dentre as diferentes formas e/ou alternativas dos SAF's praticadas na Amazônia, destaca-se o uso dos sistemas *taungya*, silvipastoris, quintais agroflorestais e os sistemas intercalares (VIEIRA et al., 2007), consistindo em plantios simultâneos ou não de duas ou mais culturas numa mesma área (ALBUQUERQUE et al., 2012). Portanto, as associações do dendezeiro com outras culturas apresentam-se como uma boa alternativa para a restauração e inovação de áreas degradadas e/ou alteradas, buscando gerar sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade do solo.

Objetivou-se neste trabalho, avaliar a qualidade química de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), com culturas intercalares.

14. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios e teste F para os atributos químicos avaliados nos diferentes sistemas, camadas e, a interação entre o sistema e camada, são demonstrados nos Apêndices C e D. Foram observados efeitos da interação entre sistemas e camadas para todas as variáveis, excetuando-se a acidez potencial (H+Al) que não apresentou significância nas camadas, porém apresentou efeitos para a interação e, sódio (Na⁺) que não apresentou significância na interação, porém apresentou efeitos isolados para camadas.

14.1. pH, fósforo disponível (P-disp), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), acidez trocável (Al³⁺) e, a acidez potencial (H+Al).

Foram observadas diferenças significativas para todas as características químicas analisadas tanto nos diferentes sistemas avaliados, quanto nas camadas com efeito da interação entre esses fatores (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores de pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), fósforo disponível (P-disp), acidez trocável (Al³⁺), acidez potencial (H+Al), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
pH				
Dendê x Pastagem (DP)	5,86 c A	5,20 cd B	4,75 c B	5,27
Dendê x Abacaxi (DA)	6,01 bc A	5,70 bc B	5,31 b C	5,67
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	6,25 ab A	5,99 ab B	5,64 a C	5,96
Dendê x Banana (DB)	5,74 c A	5,47 c B	5,19 b C	5,47
Dendê x Mandioca (DM)	6,42 a A	6,13 a B	5,86 a C	6,13
Pastagem Solteira (PS)	5,18 d A	4,91 d B	4,77 c B	4,95
Médias	5,91	5,57	5,25	
P-disponível (mg kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	3,44 bc A	2,78 b A	2,18 ab A	2,80
Dendê x Abacaxi (DA)	3,03 c A	1,66 b AB	1,16 b B	1,95
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	4,24 bc A	2,19 b B	1,40 b B	2,60
Dendê x Banana (DB)	4,79 b A	2,07 b B	1,59 ab B	2,82
Dendê x Mandioca (DM)	16,61 a A	9,28 a B	3,10 a C	9,66
Pastagem Solteira (PS)	4,09 bc A	1,92 b B	1,68 ab B	2,56
Médias	6,03	3,31	1,85	
COT (g kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	8,02 bc A	5,45 a B	4,23 ab C	5,90
Dendê x Abacaxi (DA)	4,70 d A	3,65 c B	2,44 c C	3,60
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	7,19 c A	4,35 abc B	3,36 abc B	4,97
Dendê x Banana (DB)	8,41 abc A	4,81 abc B	4,23 ab B	5,82
Dendê x Mandioca (DM)	9,45 a A	4,93 ab B	4,41 a B	6,26
Pastagem Solteira (PS)	8,64 ab A	4,06 bc B	3,13 bc B	5,28
Médias	7,74	4,54	3,63	

Continuação Tabela 10...

	Nt (g kg ⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	0,7 bc A	0,4 a B	0,3 ab B	0,47
Dendê x Abacaxi (DA)	0,4 d A	0,3 a B	0,2 b C	0,30
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,6 c A	0,4 a B	0,3 ab B	0,43
Dendê x Banana (DB)	0,8 ab A	0,4 a B	0,3 ab B	0,50
Dendê x Mandioca (DM)	0,9 a A	0,4 a B	0,4 a B	0,57
Pastagem Solteira (PS)	0,7 bc A	0,3 a B	0,3 ab B	0,43
Médias	0,68	0,37	0,3	
	Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	0,01 b B	0,12 b A	0,14 c A	0,09
Dendê x Abacaxi (DA)	0,02 b C	0,07 c B	0,20 b A	0,10
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,01 b B	0,02 d B	0,13 c A	0,05
Dendê x Banana (DB)	0,03 b C	0,07 c B	0,20 b A	0,10
Dendê x Mandioca (DM)	0,01 b B	0,03 d B	0,08 d A	0,04
Pastagem Solteira (PS)	0,15 a C	0,31 a B	0,37 a A	0,28
Médias	0,04	0,10	0,17	
	H+Al (cmol _c kg ⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	2,29 b B	2,81 ab A	3,28 a A	2,79
Dendê x Abacaxi (DA)	2,67 ab A	1,98 c B	1,75 c B	2,13
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	2,65 ab A	2,24 bc A	2,27 bc A	2,39
Dendê x Banana (DB)	3,19 a A	2,89 a A	2,93 a A	3,00
Dendê x Mandioca (DM)	3,21 a A	2,96 a A	2,82 ab A	3,00
Pastagem Solteira (PS)	2,33 b B	3,18 a A	3,18 a A	2,90
Médias	2,72	2,68	2,71	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores de pH foram encontrados nas primeiras camadas, variando de 5,18 a 6,42; 4,91 a 6,13 e de 4,75 a 5,86 nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Os sistemas DM e DF apresentaram os maiores valores de pH, independentemente da profundidade, no entanto, o sistema DF não diferiu do sistema DA que por conseguinte não diferiu dos sistemas DP e DB, nas camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m. A área PS demonstrou os valores mais baixos quando comparada aos demais sistemas nessas profundidades, porém na profundidade de 0,30-0,50 m as áreas DP e PS não diferiram.

Ocorreu uma diminuição dos valores de pH com aumento das profundidades, excetuando-se para os sistemas com presença de pastagem que apresentaram diferenças apenas da camada 0-0,10 m, em relação às demais camadas.

Para o fósforo disponível (P-disp) foram observados valores de 3,03-16,61 mg kg⁻¹ na camada 0-0,10 m; 1,66 a 9,28 mg kg⁻¹ na camada 0,10-0,30 m e 1,16-3,10 mg kg⁻¹ na camada 30-50 cm. O sistema DM diferiu dos demais sistemas, com os maiores valores independentemente da camada, seguido dos sistemas DB, DF, DP e DP que não diferiram entre si, e o sistema DA que não diferiu de PS, DF e DP. Enquanto para a camada 0,10-0,30 m não houve diferenças exceto o sistema DM e

para a camada 0,30-0,50 m DM, DP, PS e DB não mostraram diferenças, e os sistemas DF e DA não diferiram de DP, PS e DB.

Entre as camadas, verificou-se que os maiores teores de P ocorreram na camada 0-0,10 m, exceto o sistema DP que não apresentou diferenças entre camadas. O sistema DA só se diferenciou entre as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m. DF, DB e PS não diferiram para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, e DM que mostrou diminuição do fósforo ao longo do perfil (Tabela 10).

O COT apresentou valores de 4,70 a 9,45 g kg⁻¹; 3,65 a 5,45 g kg⁻¹ e 2,44 a 4,41 g kg⁻¹ para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. DM, PS e DB não diferiram entre si para a camada 0-0,10 m, DP não diferiu de PS e DB nessa mesma camada. Para a camada 0,10-0,30 m DP, DM, DB e DF não mostraram diferenças, PS não diferiu de DM, DB e DF, por conseguinte DA não diferiu de DM, DF e PS. Entretanto, para a camada 0,30-0,50 m DM, DB, DP e DF não diferiram entre si, PS não diferiu de DM, DF e DP e, por conseguinte DA não diferiu de DF e PS.

Entre as camadas, os maiores valores de COT foram observados na entre 0-0,10 m para todos os sistemas. Os teores de COT das camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m não se diferenciaram, exceto para os sistemas DP e DA com os valores inferiores observados na última camada.

Do mesmo modo, foram observados para o nitrogênio total (Nt) variações de 0,4 a 0,9 g kg⁻¹; 0,3 a 0,4 g kg⁻¹ e 0,2 a 0,4 g kg⁻¹ para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a camada 0-0,10 m os maiores valores foram constatados para DM e DB, seguido dos sistemas DP e PS que não diferiram de DB, por conseguinte o sistema DF não diferiu DP e PS, e, DA com os valores inferiores. Na camada 0,10-0,30 m não foi observado diferenças entre os diferentes sistemas, enquanto para a camada 0,30-0,50 m, DM, DB, DP, DF e PS não diferiram, e o sistema DA não diferiu de PS, DM, DB, DF e DP.

O Nt acompanhou a mesma seqüência que os teores de MO em todos os sistemas, com valores superiores na camada 0-0,10 m, sem diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, exceto o sistema DA que mostrou uma tendência a diminuir independente da profundidade de amostragem (Tabela 10).

Em relação à acidez trocável (Al³⁺), foram observados valores de 0,01 a 0,15 cmol_c kg⁻¹; 0,02 a 0,31 cmol_c kg⁻¹ e 0,08 a 0,37 cmol_c kg⁻¹ para as camadas 0-0,10,

0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a primeira camada os sistemas intercalares não diferiram, exceto a área PS com valores superiores em todas as camadas, independentemente da profundidade de amostragem. Para a camada 0,10-0,30 m o sistema PS com os maiores valores, seguida de DA e DB que não diferiram entre si, por conseguinte DF e DM com os valores inferiores. Entretanto, na camada 0,30-0,50 m PS com os maiores valores, seguida de DA e DB que não diferiram, do mesmo modo para os sistemas DF e DP também não apresentaram diferenças e, com os valores inferiores observados no sistema DM.

A tendência do Al^{3+} foi de aumentar ao longo do perfil, como observado nos sistemas DA, DB e PS, excetuando-se os sistemas DP sem diferenças entre as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, enquanto DF e DM sem diferenças para as camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m, respectivamente.

No caso da acidez potencial (H+Al), apresentou valores de 2,29 a 3,21 $cmol_c kg^{-1}$; 1,98 a 3,18 $cmol_c kg^{-1}$ e 1,75 a 3,28 $cmol_c kg^{-1}$ para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. DM, DB, DF e DA não diferiram entre si, porém, PS e DP não diferiram de DA e DF para a camada 0-0,10 m. Para a camada 0,10-0,30 m PS, DM, DB e DP não mostraram diferenças e, por conseguinte DF não diferiu de DP. Para a camada 0,30-0,50 m PS, DP, DB e DM não mostraram diferenças, DF não diferiu de DM e, DA sem diferenças com DF.

Os sistemas DM, DB e DF não mostraram diferenças entre as camadas. Os sistemas PS e DP apresentaram o mesmo comportamento, com os menores valores para a camada 0-0,10 m e sem diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. Contrário ao observado no sistema intercalar DA, que mostrou os maiores valores para a camada 0-0,10 m, e com diminuição para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m (sem diferenças) (Tabela 10).

Os diferentes sistemas avaliados quanto à classificação química apresentaram acidez que variou de média a fraca para a camada 0-0,10 m, média a elevada para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Quanto à acidez agrônômica como bom e alto na camada 0-0,10 m e baixo e bom para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (CFSEMG, 1999).

Desse modo, os sistemas intercalares DM (6,42) > DF (6,25) > DA (6,01) apresentaram os maiores valores de pH para todas as camadas. Ressalta-se ainda, o sistema DP que mostrou a mesma tendência que o sistema PS nas camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, apenas diferindo estatisticamente na camada superficial.

Valores mais baixos de pH encontrados nesses sistemas PS e DP são influenciados pela presença das gramíneas, essa serapilheira depositada sofre decomposição em meio ácido, formando e liberando ácidos orgânicos, provocando essas condições de quedas do pH com valores inferiores a 5,0 o que torna muitos elementos indisponíveis (HAAG, 1985), fator que afeta na ciclagem dos nutrientes, influenciando assim a sua disponibilidade para às plantas (MONTEIRO; WERNER, 1989), principalmente N, S, e P, com baixa liberação através do processo de mineralização nessas condições, e ainda podendo ser imobilizados pela ação da biomassa microbiana.

Contrário disso, foi o observado para os sistemas intercalares DM, DF, DA e DB a serapilheira depositada promoveu aumentos e disponibilidade de outros nutrientes que ajudaram a elevar o pH do solo, exercendo influência direta sobre a solubilidade e disponibilidade de vários nutrientes e outros elementos que podem ser tóxicos para as plantas. Vale a pena ressaltar, que o aumento de valor do pH nessas áreas de uso agrícola deve-se principalmente ao calcário aplicado ao início da implantação dos sistemas intercalares.

Para os teores de fósforo encontrados nos diferentes sistemas de uso, foram classificados como muito baixo ($<6,6 \text{ mg dm}^{-3}$) para todas as camadas de todos os sistemas, com exceção de DM que mostrou os maiores teores desse nutriente, apresentando diferenças entre camadas, com uma classificação médio, baixo e muito baixo para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (CFSEMG,1999).

Os valores do teor de P aumentaram acentuadamente nos modelos de uso com culturas intercalares em comparação com a área de pastagem. O teor desse elemento antes da plantação era de $1,94 \text{ mg dm}^{-3}$ para a camada 0-0,10 m e $0,94 \text{ mg dm}^{-3}$ para a camada 0,20-0,40 m (Tabela 1), elevando-se no sistema DM para 16,61; 9,28 e $3,10 \text{ mg kg}^{-3}$ nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Este aumento ocorreu provavelmente, devido à influência da fertilização inicial e de manutenção anual do dendezeiro e nas diferentes culturas.

Devendo-se considerar a disponibilidade do fósforo para as plantas, devido à sua absorção ser limitada pela baixa mobilidade no solo (OLIVEIRA et al., 2012), portanto sua liberação não ocorre logo após a fertilização, boa parte desse elemento adicionado aos solos é retida por adsorção e, ou, precipitado em formas menos solúveis, tornando-se momentaneamente indisponível às plantas (MESQUITA et al.,

2004), desta forma, os cultivos serão beneficiados por uma liberação de P gradual e ao longo do tempo (NOVAIS; SMITH, 1999)

Para maior eficiência e disponibilidade máxima do P, os solos devem apresentar pH entre 5,5 a 6,5 (KASS, 1996). Tais afirmativas corroboram com o encontrado nos sistemas intercalares DM, DF, DA, DP e DB, com valores superiores de pH em todas as camadas (Tabela 10).

Além disso, a granulometria exerce um papel importante na disponibilidade do P, como foi constatado no sistema DM, em razão dos maiores teores de argila. A fração argila regula as propriedades físicas e químicas do solo, agindo como centro de atividade, em cujo redor ocorrem reações químicas e trocas de bases (BRADY, 1989), apresentando grande superfície específica e propriedades como o tipo dominante de carga (-/+), sendo predominantemente encontradas cargas eletricamente negativas (LOPES; GUILHERME, 1992).

Ainda, Cardoso et al. (2003), ao estudarem o ciclo do P em sistemas agroflorestais com café na Zona da Mata - MG, indicaram que a dinâmica desse nutriente em SAF's é mais eficiente do que em monocultivos, devido principalmente aos maiores teores disponíveis para as culturas anuais e, pela redução das perdas do sistema. Em concordância (NOVAIS; BARROS, 1996), relataram que os SAF's por apresentarem maior diversidade de espécies, além da produção e decomposição mais homogênea da biomassa por longos períodos, evitam picos de perda de P.

De acordo com Fernandes et al. (1998), a maior acumulação de fósforo ocorre nas camadas superficiais do solo, estando correlacionado com os teores de matéria orgânica. Lima et al. (2011), ao estudarem um SAF's com dez anos de condução encontraram teores de $12,27 \text{ mg dm}^{-3}$ para P, demonstrando a importância desses sistemas no acúmulo desse nutriente.

No presente trabalho os maiores teores de P foram observados para o sistema DM, com valores de 16,61; 9,28 e 3,10 mg kg^{-1} para as camadas 0-0,10, 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente, verificando-se assim, a importância do uso de culturas intercalares. Portanto, o maior acúmulo desse nutriente essencial presente nessas camadas no sistema DM, está associado em grande parte às adubações que foram realizadas com fontes fosfatadas, a baixa mobilidade do P no solo e, à atuação conjunta do bombeamento de nutrientes pelas raízes das árvores

das camadas mais profundas do solo para a superfície. Além disso, o manejo, as exigências e extrações nutricionais de cada cultura (PENEIREIRO, 1999).

Os teores de COT foram classificados em baixo, na camada 0-0,10 m e muito baixo nas camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (CFSEMG, 1999). Os maiores valores foram encontrados nos sistemas intercalares DM > PS > DB para a camada 0-0,10 m. Enquanto, para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, os melhores sistemas foram DP > DM > DB, DF e PS. Destacando o sistema intercalar DA que apresentou os menores teores de COT para todas as camadas (Tabela 14).

Os sistemas intercalares contribuem para a manutenção dos agrossistemas, mantendo um equilíbrio da fertilidade do solo (DELARME LINDA et al., 2010) por promoverem cobertura, produção de biomassa, acúmulo de carbono e remoção de nutrientes das camadas mais profundas, num processo de ciclagem que se torna mais eficiente reduzindo perdas por lixiviação e erosão.

O acúmulo de biomassa nesses sistemas foi proveniente em grande parte das podas realizadas às plantas de dendezeiro, assim como a queda de folhas e ramos das demais espécies dos sistemas, contribuindo para a manutenção dos níveis de matéria orgânica nesses modelos de produção (SMILEY; KRUSCHEL, 2008; CASTRO et al., 2009). Outro fator relevante para compreender os melhores resultados apresentados nessas áreas de uso agrícola, é, a resposta da aplicação de calcário, que pode ter favorecido, acelerando o processo de mineralização e disponibilidade de nutrientes, como é o caso do N.

O nitrogênio total (Nt), acompanhou uma relação direta com os teores de MO. Os maiores teores foram observados para os sistemas DM > DB > PS e DP e, o sistema DF para a camada 0-0,10 m. Enquanto o sistema DA apresentou os menores teores de N.

Destacando-se que a qualidade dos resíduos incorporados ao solo pelos diversos sistemas intercalares e a área de pastagem solteira, influenciam sobre a disponibilidade dos nutrientes através dos processos de imobilização e mineralização, dependendo em grande parte da relação C:N desses materiais, podendo ocorrer esgotamento ou liberação do N. Assim, o consórcio entre gramíneas e leguminosas causa decomposição em tempo intermediário, por resultar em resíduos de relação C/N mais adequados, em comparação aos dos cultivos solteiros (ZIECH et al., 2015), como observado nos sistemas DP, PS e DF.

Iwatta et al. (2012), ao estudarem teores de N em diferentes sistemas, observaram valores superiores desse nutriente nos SAF's em detrimento aos de floresta nativa e inferiores em solos de agricultura convencional em virtude de perdas da matéria orgânica. Assim, os SAF's priorizam o aporte de resíduos orgânicos e a menor mobilidade do solo, mostrando-se eficientes em manter e, às vezes, elevar os teores de N no solo (MAIA et al., 2008), como verificado nos sistemas intercalares DM, DB, PS e DP.

Ressalta-se que a pouca disponibilidade de N no solo, em parte está associada à grande demanda pelas plantas, fazendo desse nutriente um dos mais limitantes ao crescimento e desenvolvimento das culturas, se tornando assim, necessário o uso de sistemas que acompanhem de forma eficiente a acumulação ou reservas de N, via incorporação através de seus resíduos ou via fixação biológica como N_2 (SANTIAGO et al., 2013).

Em relação aos teores da acidez trocável (Al^{+3}), foram classificados como baixo na camada 0-0,10 m, e muito baixo para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (CFSEMG, 1999). Foram observados aumentos do Al^{3+} ao longo do perfil para todos os diferentes sistemas avaliados, com os maiores valores encontrados no sistema PS, diferindo dos sistemas intercalares em todas as camadas (Tabela 10).

Em geral nos sistemas intercalares (SAF's), o teor de Al^{+3} é menor e com efeitos menos pronunciados sobre as plantas do que nas áreas de pastagem (PS), para um mesmo valor de pH. A Matéria orgânica, principalmente por seus ligantes orgânicos, tem a capacidade de complexar o Al^{+3} , reduzindo sua atividade na solução do solo e, conseqüentemente, diminuindo sua toxidez (SALET, 1998) e, com diminuição do potencial químico (NICODOLI et al., 2008).

Embora, os decréscimos de Al^{3+} observados em todos os sistemas intercalares, é atribuído principalmente aos efeitos positivos da aplicação da calagem na neutralização do Al^{3+} do solo, acompanhado de aumento do pH, como observado nos sistemas intercalares DM, DB, DF, DA e DP quando comparados com o sistema PS.

Os valores da acidez potencial (H+Al) foram classificados em baixo e médio (CFSEMG, 1999) em todas as camadas. Os maiores valores foram verificados nos sistemas intercalares $DM > DB > PS > DP$ para todas as camadas, e, com valores inferiores para os sistemas intercalares DF e DA (Tabela 10).

Considerando esses aumentos da quantidade de H+Al para todos os sistemas, com isso esses íons bloqueiam ou competem por cargas negativas dos colóides da argila, diminuindo a CTCt. Porém, esse aumento implica em elevação da CTCT, também podendo ser decorrente do incremento nos níveis de matéria orgânica nesses sistemas intercalares.

Essa acidez pode ser gerada principalmente pelo íon H⁺ proveniente dos compostos orgânicos e da hidrólise de outros compostos. Ebeling et al. (2008), relataram que o teor de matéria orgânica correlacionou de forma positiva com o teor de hidrogênio extraível e com acidez potencial, ou seja, quanto maior o teor de matéria orgânica maior tenderá a ser sua acidez.

14.2. Condutividade elétrica do solo (CEs), cátions trocáveis Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ e, a soma de bases (SB).

Foram constatadas diferenças significativas para todos os atributos químicos avaliados nos diferentes sistemas de uso e as interações (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores da condutividade elétrica do solo (CEs), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e a soma de bases (SB), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
	CEs (mS m)			
Dendê x Pastagem (DP)	5,82 a A	5,32 a A	4,68 a B	5,20
Dendê x Abacaxi (DA)	5,08 b A	4,86 a A	4,11 ab B	4,68
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	5,83 a A	5,25 a B	4,40 ab C	5,16
Dendê x Banana (DB)	5,84 a A	5,09 a B	4,40 ab C	5,11
Dendê x Mandioca (DM)	6,14 a A	5,41 a B	4,68 a C	5,41
Pastagem Solteira (PS)	4,32 c A	3,95 b A	3,84 b A	4,04
Médias	5,51	4,98	4,32	
	Na⁺ (cmol_c kg⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	0,14 ab	0,13 a	0,10 b	0,12 B
Dendê x Abacaxi (DA)	0,13 b	0,13 a	0,11 ab	0,12 B
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,11 c	0,09 b	0,08 c	0,09 C
Dendê x Banana (DB)	0,11 c	0,10 b	0,08 c	0,09 C
Dendê x Mandioca (DM)	0,15 a	0,14 a	0,12 a	0,14 A
Pastagem Solteira (PS)	0,06 d	0,05 c	0,03 d	0,05 D
Médias	0,12	0,10	0,09	
	K⁺ (cmol_c kg⁻¹)			
Dendê x Pastagem (DP)	0,26 b A	0,25 b B	0,24 b C	0,25
Dendê x Abacaxi (DA)	0,21 c A	0,20 c B	0,18 c C	0,19
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,19 d A	0,18 d B	0,17 d C	0,18
Dendê x Banana (DB)	0,18 d A	0,17 d B	0,15 d C	0,17
Dendê x Mandioca (DM)	0,28 a A	0,27 a B	0,26 a C	0,27
Pastagem Solteira (PS)	0,01 e A	0,01 e A	0,01 f A	0,01
Médias	0,19	0,18	0,17	

Continuação Tabela 11...

Ca²⁺ (cmol_c kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	0,80 c A	0,48 c B	0,43 abc B	0,57
Dendê x Abacaxi (DA)	0,50 d A	0,58 c A	0,58 ab A	0,55
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	1,18 b A	0,85 ab B	0,65 a B	0,89
Dendê x Banana (DB)	1,00 bc A	0,63 bc B	0,58 ab B	0,73
Dendê x Mandioca (DM)	1,75 a A	0,93 a B	0,38 bc C	1,02
Pastagem Solteira (PS)	0,93 bc A	0,63 bc B	0,25 c C	0,60
Médias	1,03	0,68	0,48	
Mg²⁺ (cmol_c kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	0,35 a A	0,20 bc A	0,23 b A	0,26
Dendê x Abacaxi (DA)	0,13 b A	0,05 c A	0,05 b A	0,08
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,53 a A	0,38 ab A	0,15 b B	0,35
Dendê x Banana (DB)	0,35 a A	0,28 ab A	0,23 b A	0,28
Dendê x Mandioca (DM)	0,53 a A	0,40 a A	0,48 a A	0,47
Pastagem Solteira (PS)	0,45 a A	0,20 bc B	0,18 b B	0,28
Médias	0,39	0,25	0,22	
SB (cmol_c kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	1,55 c A	1,05 c B	0,99 a B	1,20
Dendê x Abacaxi (DA)	0,97 d A	0,95 c A	0,92 a A	0,94
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	1,99 b A	1,50 ab B	1,05 a C	1,51
Dendê x Banana (DB)	1,64 c A	1,17 bc B	1,04 a B	1,28
Dendê x Mandioca (DM)	2,71 a A	1,78 a B	1,23 a C	1,89
Pastagem Solteira (PS)	1,44 c A	0,88 c B	0,46 b C	0,93
Médias	1,18	1,21	0,95	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Referente aos valores da condutividade elétrica do solo (CEs), os maiores valores foram encontrados nas primeiras camadas, variando de 4,32 a 6,14 mS m; 3,95 a 5,41 mS m e de 3,84 a 5,86 mS m para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Na camada 0-0,10 m os valores superiores foram observados para os sistemas intercalares DM, DB, DF e DP que não diferiram, DA com valores intermediários e valores inferiores para a área PS. Para a camada 0,10-0,30 m não foi observada diferenças entre os sistemas intercalares, exceto a área PS com valores inferiores. Enquanto, para a última camada DM, DP, DB, DF e DA não diferiram e, o sistema PS também não diferiu de DB, DF e DA.

Para a interção os maiores valores foram observados na camada 0-0,10 m com diminuição ao longo do perfil para os sistemas DM, DB e DF, excetuando-se os sistemas intercalares DP e DA que não apresentaram diferenças para as camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m, e, a área de PS sem diferenças independentemente da profundidade de amostragem.

Para o sódio (Na⁺), foram observados valores de 0,06 - 0,15 cmol_c kg⁻¹ para a camada 0-0,10 m; 0,05 - 0,14 cmol_c kg⁻¹ para a camada 0,10-0,30 m, e, de 0,03 - 0,12 cmol_c kg⁻¹ na camada 0,30-0,50 m. Para a primeira camada os sistemas DM e

DP apresentaram os maiores valores, porém DA não diferiu de DP, valores intermediários para DF e DB e, com os valores inferiores para PS. na camada 0,10-0,30 m os sistemas DM, DA e DP não mostraram diferenças, seguidas de DF e DB com valores médios e, valores inferiores para PS. Entretanto, para a camada 0,30-0,50 m DM e DA não diferiram, ainda DP não diferiu de DA, valores médios para DF e DB e, por conseguinte valores inferiores observados para PS. Na interação não foram encontradas diferenças para os diferentes sistemas avaliados, independente das camadas (Tabela 11).

O potássio (K^+), apresentou valores de 0,01 a 0,28 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; 0,01 a 0,27 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e, de 0,01 a 0,26 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Valores superiores foram observados na camada 0-0,10 m para o sistema DM, seguido de DP e DA, valores menores para DF e DB que não diferiram entre si e, valores mais baixos para PS. A camada 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m mostraram o mesmo comportamento que a camada 0-0,10 m.

Para a interação os maiores valores foram observados na camada superficial com valores superiores, com diminuição na camada 0,10-0,30 m (valores intermediários) e, 0,30-0,50 m (valores inferiores) observando-se essa seqüência para todos os sistemas intercalares, exceto a área de PS que não apresentou diferenças independentemente das profundidades.

Do mesmo modo, os valores para o cálcio (Ca^{2+}) variaram de 0,50 a 1,75 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; 0,48 a 0,93 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e de 0,25 a 0,65 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a camada 0-0,10 m com os maiores valores para DM, seguido de DF, sem diferenças para DB e PS, valores menores para DP e, ainda mais baixos para DA. Para a segunda camada os maiores valores para DM e DF que não diferiram, ainda, DB e PS não diferiram de DF, por conseguinte DP e DA não diferiram de DB e PS. Enquanto, para a última camada os maiores valores foram observadas para DF e, DB, DA e DP que não diferiram, porém DM não diferiu de DB, DA e DP. Já a área PS mostrou os valores mais baixos, porém sem diferenças com DM e DP.

A tendência do Ca^{2+} foi de diminuir nas camadas mais profundas, como observado para os sistemas intercalares DM e PS. Ainda, os sistemas DF, DB e DP mostraram os maiores valores na camada 0-0,10 m, porém, nas camadas 0,10-0,30

e 0,30-0,50 m não apresentaram diferenças. Enquanto os valores encontrados para o sistema DA, não diferiram entre as diferentes camadas (Tabela 11).

Em relação ao Magnésio (Mg^{2+}), foram observados valores de 0,13 a 0,53 $cmol_c kg^{-1}$ na camada 0-0,10 m; 0,05 a 0,40 $cmol_c kg^{-1}$ na camada 0,10-0,30 m e de 0,05 a 0,48 $cmol_c kg^{-1}$ para a camada 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a camada 0-0,10 m, não foram observadas diferenças entre sistemas, exceto DA com os valores inferiores. Na camada 0,10-0,30 m DM com valores superiores e, DF e DB que não diferiram, PS e DP não diferiram de DF e DM, e, DA com os valores mais baixos, porém, sem diferenças de PS e DP. Entretanto, para a camada 0,30-0,50 m DM com valores superiores, diferindo dos outros sistemas.

O Mg^{2+} apresentou diminuição entre camadas para os sistemas intercalares DF e PS. Os sistemas DP, DA, DB, DM não mostraram diferenças entre camadas.

No caso da soma de bases (SB) que representa todo o complexo sortivo dos cátions trocáveis, foram observados valores de 0,97 a 2,71 $cmol_c kg^{-1}$; 0,88 a 1,78 $cmol_c kg^{-1}$ e, 0,46 a 1,23 $cmol_c kg^{-1}$ para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. O sistema DM apresentou valores superiores na camada superficial, seguido de DF; DB, DP e PS que não diferiram entre si, e, DA com os valores mais baixos. Na camada 0,10-0,30 m os valores superiores foram observados para DM e DF, valores médios para DB que não diferiu de DF, por conseguinte os valores mais baixos para DP, DA e PS. Enquanto, para a camada 0,30-0,50 cm não houve diferenças entre sistemas intercalares, exceto PS com os valores inferiores.

Diminuição da SB para a interação foi verificada nos sistemas intercalares DM, DF e PS. O sistema DP e DB mostraram os maiores valores na camada 0-10 cm, porém, sem diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. Enquanto, o sistema DA não apresentou diferenças independentemente da profundidade de amostragem (Tabela 11).

Os teores de Na^+ não apresentaram uma alta amplitude, ocorrendo diferença estatística apenas com pequenas faixas de variações nos teores, característica que podem ser encontrados nesses solos com teores baixos desse nutriente, provavelmente pela pouca absorção e exportação desse nutriente ou pela pouca disponibilidade no solo como foi constatada na área secundária PS.

O K^+ apresentou o mesmo comportamento que o Na^+ , com diferenças significativas entre os diferentes sistemas avaliados, sendo os valores superiores encontrados nas áreas com culturas intercalares em comparação com PS. Os teores de K^+ foram classificados como: baixo a médio para todas as camadas em todos os sistemas, excetuando-se PS que mostrou uma classificação de muita baixa para a camada 0,30-0,50 m (CFSEMG, 1999).

Especificamente o sistema DM apresentou os maiores teores de Na^+ e K^+ para todas as camadas, seguido dos sistemas intercalares $DP > DA > DF > DB$, em comparação com PS (Tabela 15). Esses nutrientes nos sistemas intercalares foram absorvidos, exportados e depositados junto à camada superficial, produto dos resíduos orgânicos das diferentes culturas de cada sistema ou aportado via adubação inorgânica. Além disso, a interação de árvores com sistemas radiculares variados, extraindo esses nutrientes das camadas mais profundas.

Essa hipótese foi reforçada por Alfaia et al. (2004), ao avaliarem SAF's, em Rondônia, relatam a possível exportação desses nutrientes como o K^+ por sucessivas safras de produtos. É possível, também que parte do K^+ liberado tenha sido depositado na camada superficial como é observado nos sistemas intercalares, sendo o K^+ um elemento bastante móvel no solo (RAIJ, 1991).

O manejo empregado nos diferentes sistemas intercalares foi capaz de promover melhor ciclagem desse elemento, provavelmente pelas extrações e deposições das culturas na camada superficial, além das adubações empregadas levaram a uma melhor ciclagem e disponibilidade nesses sistemas de uso. Além disso, as adubações inorgânicas de manutenção com fontes de potássio forneceram a disponibilidade desse nutriente.

Assim Kass (1996), relata que solos com pH abaixo de 5,5 reduzem a capacidade de fixação do potássio, devido ao excesso de alumínio trocável gerando um ambiente tóxico, o qual restringe a absorção desse elemento por meio dos pêlos radiculares das plantas. Condições favoráveis apresentadas nos sistemas intercalares, ao contrário ao observado em PS, que apresentou uma classificação de muito baixa em todas as camadas.

Em relação aos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , ocorreram incrementos significativos desses nutrientes nos diferentes sistemas avaliados, sendo observados os maiores valores para os sistemas intercalares DM, DF e DB, com acréscimos em até duas vezes o seu teor, em comparação com PS.

Um fator importante a considerar é a acidez dos solos, quase sempre limita muito mais o crescimento das plantas que a falta de Ca^{2+} e outros elementos de importância agrônômica, normalmente, quando se faz a correção da acidez do solo, aplica-se quantidade suficiente de cálcio para suprir as necessidades das plantas (RAIJ, 1991).

Segundo Malavolta (1981), o Ca^{2+} e o Mg^{2+} são as bases encontradas em maiores proporções no solo, são cátions que, juntamente com o potássio (K^+), guardam uma relação direta com o pH, pois sob condições de elevada acidez poderão atuar como fatores limitantes da produção. Devendo-se ressaltar assim que baixos valores de pH (entre 3,5 a 5,0) diminuem a disponibilidade desses nutrientes, promovendo a toxidez de Al^{3+} ; diminuição da atividade microbiana, assim como a decomposição da matéria orgânica fica limitada (KASS, 1996).

Podendo ser verificado o efeito positivo nos sistemas intercalares em comparação com o sistema PS, em resposta à calagem realizada durante a fase de implantação do experimento e, às adubações, apresentando assim uma boa disponibilidade, com acréscimos nos teores desses nutrientes. Além disso, estes elementos podem estar associados à matéria orgânica do solo e argilominerais, os coloides orgânicos e inorgânicos adsorvem Ca^{2+} e Mg^{2+} , retendo-os em forma trocável, evitando assim perdas por lixiviação.

Os teores de Ca^{2+} foram classificados como: baixo a médio para todos os sistemas em todas as camadas, excetuando-se PS com uma classificação muito baixa na última camada. No caso do Mg^{2+} como: muito baixo, baixo para todas as camadas, ressaltando os sistemas intercalares DM e DF com os valores superiores e, DA com valores inferiores, quando comparado com os sistemas intercalares e, mesmo assim com o sistema PS (CFSEMG, 1999).

Nesse contexto, a condutividade elétrica do solo (CEs), que é usada para medir a quantidade de sais presente na solução do solo (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , outros), de modo que quanto maior a quantidade desses elementos presente na solução, maior será o valor obtido da condutividade. Assim, os maiores valores foram encontrados nos sistemas intercalares $\text{DM} > \text{DB} > \text{DF} > \text{DP}$ e DA em comparação com a área de PS, com os valores superiores nas camadas superficiais e diminuição ao longo do perfil.

Bebé et al. (2009), verificaram maior valor da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada de 0-0,10 m do solo, em relação às camadas

inferiores, quando aplicaram vinhaça no solo. Os autores afirmam que tal comportamento está associado à maior adsorção do cálcio na camada mais superficial. Os resultados encontrados neste trabalho concordam com o relatado anteriormente, valores que podem ser explicados pelo fato dos sistemas intercalares terem apresentado altos teores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) em comparação com o sistema PS (Tabela 11).

Em consequência desses aumentos nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , a soma de bases (SB) aumentou significativamente em todos os sistemas intercalares, sendo classificado segundo (CFSEMG, 1999), como: baixa a média para todas as camadas em todos os sistemas, exceto PS que apresentou uma classificação de muita baixa na última camada. Ressaltando-se os sistemas intercalares DM e DF com os valores superiores em todas as camadas, e, valores inferiores para DA quando comparado entre culturas intercalares, ainda, comparado com o sistema PS.

O sistema DA, provavelmente por possuir textura com altos teores de areia, permitiu a lixiviação de alguns nutrientes, mantendo-o retido nas camadas mais profundas pelos minerais de argila e aumentando consideravelmente os teores desses nutrientes e consequentemente a SB para as camadas mais profundas (Tabela 11).

Os cátions monovalentes são mais facilmente lixiviados em água por se encontrarem principalmente na forma iônica. Por isso, em solos agrícolas minerais a lixiviação de cátions segue a ordem: $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ (MIYAZAWA et al., 2000).

No caso da área PS apresentou os valores inferiores, fato relacionado com o aumento da acidez trocável e potencial, proporcionada pelos baixos valores de pH e consequente liberação de certa quantidade de H^+ e Al^{3+} no solo. Nesses ambientes ácidos e com baixos teores de bases, ocorre transformação mais lenta da matéria orgânica, regida principalmente por fungos.

Esses ácidos orgânicos migram como complexos pouco ou não saturados, formando complexos de Fe e Al com bases que são facilmente lixiviadas (ABRAÃO, 2011). Entretanto, as reduções das bases trocáveis no solo normalmente vêm associadas às elevações nas concentrações de alumínio, bem como à diminuição do pH, visto que a acidez do solo atua indiretamente sobre as condições do solo, principalmente na atividade microbiana e na disponibilidade de muitos nutrientes.

Essa diminuição da toxicidade do Al^{3+} devido ao aumento de complexificação e elevação do pH; promove o resgate da reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , P e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do N_2 atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos ou pela simples competição por luz (VON OSTERROHT, 2002).

Nesse contexto, Lima et al. (2010), ao avaliarem a relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas (entre eles três SAF's com 3, 6 e 10 anos de adoção, um sistema baseado em agricultura de corte e queima e uma floresta nativa, em um Argissolo Vermelho-Amarelo camada 0-0,10 m), verificaram maiores valores para o SAF's com 10 anos de adoção, com médias para o pH de 6,0; P-disp $16,85 \text{ mg dm}^{-3}$, Ca^{2+} $15,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} $1,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $0,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o K^+ e $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Al}^{3+}$.

Iwata et al. (2012), avaliando SAF's e seus efeitos sobre os atributos químicos em um Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado Piauiense, verificaram aumentos no pH com valores de 6,10; fósforo $6,11 \text{ mg dm}^{-3}$; Ca^{2+} $18,24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Mg^{2+} $3,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; $0,46 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} \text{ K}^+$ e diminuição do Al^{3+} , principalmente naquele solo sob o sistema com maior tempo, considerando esses resultados devido à maior disponibilidade nos teores de MO e a ciclagem desse nutrientes. Esses ganhos estão relacionados à grande atividade e diversidade da biota no solo de áreas com SAF's (LIMA et al., 2010).

Ainda, efeitos positivos dos SAF's na fertilidade do solo também foram observados por Barreto et al. (2011), para as classes de Latossolos e Cambissolos ao estudarem SAF's de 30 anos de uso com cacau, na Bahia. Para ambos os solos foram observados aumentos no pH, P, K, Ca, Mg e neutralização do Al.

14.3. Capacidade de troca catiônica total (CTCT), efetiva (CTCt), saturação por bases (V) e alumínio (m).

Os dados relativos à capacidade de troca catiônica total (CTCt) e efetiva (CTCe), saturação por bases (V) e por alumínio (m), mostraram diferenças significativas entre os diferentes sistemas avaliados e as interações (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores da capacidade de troca catiônica total (CTCT), capacidade de troca catiônica efetiva (CTCt), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
CTCT (cmol_c kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	3,83 c A	3,85 b A	4,27 a A	3,98
Dendê x Abacaxi (DA)	3,63 c A	2,93 c B	2,66 c B	3,07
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	4,63 b A	3,74 b B	3,32 bc B	3,90
Dendê x Banana (DB)	4,83 b A	4,05 ab B	3,97 ab B	4,28
Dendê x Mandioca (DM)	5,92 a A	4,69 a B	4,05 a C	4,88
Pastagem Solteira (PS)	3,76 c A	4,05 ab A	3,64 ab A	3,82
Médias	4,43	3,88	3,65	
CTCt (cmol_c kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	1,56 c A	1,17 c B	1,14 ab B	1,29
Dendê x Abacaxi (DA)	0,99 d A	1,02 c A	1,12 ab A	1,04
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	2,00 b A	1,52 ab B	1,18 ab C	1,56
Dendê x Banana (DB)	1,67 bc A	1,23 bc B	1,24 a B	1,38
Dendê x Mandioca (DM)	2,72 a A	1,75 a B	1,31 a C	1,93
Pastagem Solteira (PS)	1,59 c A	1,18 bc B	0,83 b C	1,20
Médias	1,75	1,31	1,14	
V (%)				
Dendê x Pastagem (DP)	40,53 abc A	27,29 cd B	23,87 c B	30,56
Dendê x Abacaxi (DA)	26,52 d B	32,41 bc A	34,69 a A	31,20
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	42,44 ab A	40,24 a A	31,72 ab B	38,13
Dendê x Banana (DB)	34,08 c A	29,00 c AB	26,63 bc B	29,90
Dendê x Mandioca (DM)	45,84 a A	36,90 ab B	30,41 abc C	37,71
Pastagem Solteira (PS)	38,44 bc A	21,64 d B	12,78 d C	24,28
Médias	37,97	31,24	26,68	
m (%)				
Dendê x Pastagem (DP)	0,32 b B	10,02 b A	12,49 c A	7,61
Dendê x Abacaxi (DA)	2,43 b B	7,05 bc B	18,02 b A	9,20
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	0,43 b B	1,29 d B	10,52 c A	4,08
Dendê x Banana (DB)	1,56 b B	5,22 c B	16,25 b A	7,68
Dendê x Mandioca (DM)	0,34 b B	1,46 d B	6,20 d A	2,67
Pastagem Solteira (PS)	9,47 a C	26,00 a B	44,36 a A	26,61
Médias	2,43	8,51	17,98	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Referente aos valores da CTCT, foram observadas variações de 3,63 a 5,92 cmol_c kg⁻¹; 2,93 a 4,69 cmol_c kg⁻¹ e de 2,66 a 4,27 cmol_c kg⁻¹, para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. O sistema DM apresentou os maiores valores para a camada 0-0,10 m, seguido de DB e DF sem diferenças, valores inferiores para DP, DA e PS. Para a camada 0,10-0,30 m os valores superiores observados para DM, porém, DF e DP não diferiram de DM; e DB e PS não diferiram de DB e OS, enquanto valores inferiores para DA. Já, para 0,30-0,50 m DM e DP com os maiores valores, porém sem diferenças com DB e PS, sendo os valores inferiores para DA que não diferiu de DF.

Na interação, os sistemas DP e PS, não apresentaram diferenças, DA, DF e DB com valores superiores na camada 0-0,10 m, porém, sem diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, e, DM que apresentou diminuição ao longo do perfil.

Para a CTCt, foram observados valores de 0,99 a 2,72 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na camada 0-0,10 m; 1,02 a 1,75 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na camada 0,10-0,30 m e de 0,83 a 1,31 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0,30-0,50 m. DM apresentou os maiores valores para a camada 0-0,10 m, seguido de DF e DB sem diferenças, DP e PS com valores inferiores, por conseguinte DA com os valores mais baixos. Na camada 0,10-0,30 m DM e DF apresentaram os valores superiores sem diferenças, seguido de DB, PS que não diferiram de DF, entretanto DA e DP com valores inferiores, porém, sem diferenças de DB e PS. Do mesmo modo, na última camada os sistemas intercalares não diferiram, exceto PS com os valores inferiores, porém, não diferiu de DF, DP e DA.

Na interação, os valores superiores foram verificados na camada 0-0,10 m com diminuição entre as camadas mais profundas para os sistemas intercalares DM, DF e PS. Os sistemas DB e DP, mostraram valores superiores na camada 0-0,10 m, porém, sem diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. O sistema DA não apresentou diferenças independentemente da profundidade de amostragem.

Em relação à saturação por bases (V), foram observadas variações de 26,52 a 45,84 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; 21,64 a 36,90 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e de 12,78 a 31,72 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, para as camadas 0-10, 10-30 e 30-50 cm, respectivamente. Para a camada superficial DM apresentou os maiores valores, seguido de DF e DP que não diferiram, valores intermediários para PS que não diferiu de DF e DP, e, valores inferiores para DB e DA. Na segunda camada DF e DM apresentaram os maiores valores, DA não diferiu de DM, valores intermediários para DP que não diferiu de DB e DA, e, com os valores mais baixos para PS, que não diferiu de DP. Do mesmo modo para a camada 0,30-0,50 m, DA com os maiores valores, porém, sem diferenças com DF e DM, valores intermediários para DP que não diferiu de DB e DM, e, com os valores mais baixos para PS.

Houve uma diminuição da (V) ao longo do perfil para os sistemas DM e PS, enquanto os sistemas DP, DF e DB, apresentaram os maiores valores na camada 0-0,10m, porém, sem diferenças entre as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m. O

sistema DA não apresentou diferenças independentemente da camada de amostragem.

No caso da saturação por alumínio (m), foram observadas variações de 0,32 a 9,47 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; 1,29 a 26,00 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e de 6,20 a 44,36 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a primeira camada não houve diferenças entre os sistemas intercalares, exceto para PS com os maiores valores. Enquanto, na camada 0,10-0,30 m destaca-se PS diferindo de todos os sistemas com os valores superiores, DP, DA não diferiram entre si, porém DB não diferiu de DA e, valores inferiores para DM. Na camada 0,30-0,50 m novamente PS diferiu dos sistemas intercalares, seguido de DA e DA que não diferiram, DP e DF com valores inferiores e, os valores mais baixos para DM.

A saturação por alumínio (m), mostrou um comportamento contrário ao observado na CTCT, CTct e V, com os valores superiores encontrados para a camada 0,30-0,50 m em todos os diferentes sistemas avaliados, exceto DP que não apresentou diferenças para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, e, PS com os maiores valores ao longo do perfil, com diferenças independente da profundidade de amostragem (Tabela 12).

A CTCT é definida como a quantidade de cátions adsorvidos a $\text{pH}_{7,0}$ e mede a quantidade de cargas elétricas negativas no solo (MALAVOLTA, 1992). Houveram aumentos impulsionados pelo alto teor da acidez potencial, principalmente na primeira camada 0-0,10 m, levando em consideração que a quantidade do íon H^+ subiu consideradamente nas áreas com uso de culturas intercalares, sendo de muita importância nos sistemas agrícolas porque é a responsável pela retenção de elementos essenciais facilmente disponíveis para as plantas (DEMARCHI, 2009), indicando assim boa reserva de nutrientes para as culturas, possibilidade de redução das perdas de cátions por lixiviação e a inativação de compostos tóxicos.

A CTct, também diferiu estatisticamente entre os diferentes sistemas de uso avaliados, proporcionada pelos teores de matéria orgânica e principalmente pelos aumentos dos cátions trocáveis como o Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Esses processos de troca catiônica e aniônica resultam das interações das fases sólidas e líquida no solo, e dependem principalmente da composição e característica do complexo matéria orgânica e argilas (SILVA et al., 2010).

A fração orgânica humificada, além de fazer parte da matriz do solo, na forma de coloides orgânicos, exerce profundos efeitos nas suas propriedades. A CTC do

húmus pode representar de 20 a 70% da CTCT (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Esta importância está refletida nos dados obtidos no presente trabalho, onde o menor teor de material orgânico apresentado nas áreas de uso agrícola como é o caso do sistema intercalar DA, acarretando uma menor CTC em relação às outras áreas analisadas, o que pode estar favorecendo maiores perdas de nutrientes por lixiviação ou uma menor ciclagem nesse sistema, aliado, aos altos teores de areia presentes nas camadas.

Nesse sentido, os resultados obtidos mostraram de um modo geral, alta CTCT, o que era esperado devido à influência textural com presença de argila, teores de matéria orgânica e principalmente pelos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ encontrados nos sistemas intercalares, influenciando positivamente e formando compostos húmicos.

A CTCT foi classificada como: baixa e média para todas as camadas, com os maiores valores para os sistemas DM, DB, PS e, valores mais baixos para DA. Enquanto, a CTCt foi classificada como: muito baixa, baixa e média, ressaltando os valores superiores para DM, DF, seguida de DB, DP e, valores inferiores para PS e DA (CFSEMG, 1999).

Em relação à saturação por bases (V), foi classificada como: baixa e média em todas as camadas para todos os diferentes sistemas avaliados, excetuando-se PS para a camada 0,30-0,50 m, classificada como muita baixa (CFSEMG, 1999). Dentre essa faixa de valores, destacam-se os sistemas DM e DF com os maiores valores, e, os valores mais baixos para PS, com exceção da primeira camada que não diferiu dos sistemas intercalares DF e DP.

Na qual a (V), refere-se à porcentagem das cargas passíveis de trocas a $\text{pH}_{7,0}$ que estão ocupados por cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e, às vezes Na^+) com exceção de H^+ e Al^{3+} . Este parâmetro é utilizado para classificar solos considerados férteis ($V > 50\%$). Dentre essa faixa de valores, destacam-se os sistemas DM e DF com os maiores valores, e PS com os valores inferiores nas camadas subsuperficiais.

A diminuição da (V) ao longo do perfil, fato provável, pela baixa fertilidade natural que apresentam esses solos, extração dos cátions pelas culturas e, principalmente pelo aumento e alta disponibilidade do Al^{3+} nas camadas mais profundas como verificado no sistema PS e, com exceção para DA com aumentos nas camadas mais profundas, provavelmente aliado aos altos teores de areia em

todas as camadas, o que permite a lixiviação de muitos nutrientes sendo retidos nas camadas subsuperficiais pelos minerais de argila.

Entretanto a saturação por alumínio (m), não diferiu estatisticamente entre os sistemas intercalares, classificada como: muito baixa para todas as camadas, enquanto como baixa para PS nas camadas subsuperficiais. Ressaltando assim o sistema PS que apresentou os maiores valores em todas as camadas, influenciado principalmente pelos teores de Al^{3+} (Tabela 14 e 16).

14.4. Micronutrientes (Zn^{2+} , Fe^{3+} e Mn^{2+}).

Na Tabela 13, estão apresentados os valores obtidos para os micronutrientes Zn^{2+} , Fe^{3+} e Mn^{2+} , com diferenças significativas observadas para todos os diferentes sistemas avaliados e as interações.

Tabela 13 - Valores dos micronutrientes zinco (Zn^{2+}), ferro (Fe^{3+}) e manganês (Mn^{2+}), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso e camadas, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistema de uso	Camada (m)			Médias
	0-0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	
Zn^{2+} (mg kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	6,02 c A	2,93 a A	2,51 a A	3,82
Dendê x Abacaxi (DA)	5,46 cd A	7,33 a A	6,99 a A	6,59
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	12,50 abc A	6,81 a A	7,63 a A	8,98
Dendê x Banana (DB)	8,71 bc A	3,92 a A	6,39 a A	6,34
Dendê x Mandioca (DM)	15,08 ab A	8,64 a B	8,44 a B	10,72
Pastagem Solteira (PS)	15,48 a A	9,39 a B	8,86 a B	11,24
Médias	10,54	6,50	6,80	
Fe^{3+} (mg kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	164,87 bc B	210,85 a A	184,53 a AB	186,75
Dendê x Abacaxi (DA)	132,83 c A	140,87 b A	100,00 b B	124,57
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	143,16 bc A	140,18 b A	111,97 b B	131,77
Dendê x Banana (DB)	194, 64 b A	139,70 b B	120,00 b B	151,45
Dendê x Mandioca (DM)	160,18 bc AB	150,00 b B	180,02 a A	163,40
Pastagem Solteira (PS)	200,73 a A	130,02 b B	160,02 a AB	163,59
Médias	166,07	151,94	142,76	153,59
Mn^{2+} (mg kg⁻¹)				
Dendê x Pastagem (DP)	26,00 cd A	4,04 b B	3,28 a B	11,11
Dendê x Abacaxi (DA)	15,20 e A	6,53 b B	2,84 a B	8,19
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	41,71 a A	13,68 a B	7,66 a C	21,01
Dendê x Banana (DB)	30,89 bc A	8,39 ab B	7,67 a B	15,65
Dendê x Mandioca (DM)	35,14 b A	9,26 ab B	7,61 a B	17,34
Pastagem Solteira (PS)	25,15 d A	6,94 b B	4,83 a B	12,31
Médias	29,01	8,14	5,65	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de zinco (Zn^{2+}) variaram de 5,46 a 15,48 $mg\ kg^{-1}$ na camada 0-0,10 m; 2,93 a 9,39 $mg\ kg^{-1}$ na camada 0,10-0,30 m, e 2,51 a 8,86 $mg\ kg^{-1}$ para a camada 0,30-0,50 m. Na camada 0-0,10 m, PS, DM e DF não diferiram, seguidos de DM, DP e DA. Nas camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, não foram observadas diferenças entre sistemas. Na interação não houve variações para os sistemas intercalares DP, DA, DF e DB. Enquanto, para os sistemas DM, DF e PS foram observados os valores superiores na camada 0-0,10 m, e inferiores nas camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m (sem diferenças).

Para os teores de ferro (Fe^{3+}), foram observadas valores de 132,83 a 200,73 $mg\ kg^{-1}$; 139,70 a 210,85 $mg\ kg^{-1}$; 100,00 a 184,53 $mg\ kg^{-1}$, para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Para a camada 0-0,10 m, os valores superiores foram observados na área PS, seguida dos sistemas DB, DP, DM e DF sem diferenças, porém, o sistema DA não diferiu de DM, DF e DP. Entretanto, sem diferenças para todos os sistemas na camada 0,10-0,30 m, exceto DP com valores inferiores. Já, para a camada mais profunda DP, DM e PS sem diferenças, seguidos de DB, DF e DA que também não diferiram.

No caso da interação PS, DM e DP não mostraram diferenças entre as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m. DA e DF sem diferenças entre as camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m e, DM sem diferenças entre as camadas 0,10-0,30 e 0,30-50 m.

Para o manganês (Mn^{2+}), os valores variaram de 15,20 a 41,71 $mg\ kg^{-1}$; 4,04 a 13,68 $mg\ kg^{-1}$ e 2,84 a 7,67 $mg\ kg^{-1}$, para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente. Sendo os maiores teores observados no sistema DF, seguido de DM e DB, o sistema DP que não diferiu de DB nem de PS e, os valores inferiores para DA. Na interação a camada 0-0,10 m apresentou os maiores teores de Mn^{2+} , para todos os diferentes sistemas avaliados. Entretanto, para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, não foram observadas diferenças entre sistemas, exceto o sistema DF que apresentou os valores inferiores na camada 0,30-0,50 m.

Para o Zn^{2+} , os teores máximos desse micronutriente foram encontrados na camada superficial para todos os diferentes sistemas avaliados, o que demonstra que a camada superficial concentra esse elemento em virtude da biociclagem nessas superfícies, em função de sua absorção em superfícies minerais e orgânicas, além, das adubações realizadas no experimento (SILVA, 2009). Classificado como alto $>2,2\ mg\ kg^{-1}$, para todas as camadas em todos os sistemas avaliados

(CFSEMG, 1999). Sendo constatado no sistema DA os maiores valores de Zn^{2+} ao longo do perfil, fato provável pelos altos teores de areia encontrados nesse sistema o que facilita a lixiviação e deposição nas camadas mais profundas.

Outro fator importante descrito por Abreu et al. (2007), a maior disponibilidade desse micronutriente encontra-se na faixa de pH 5,0-6,5; porém outros autores afirmam que este micronutriente apresenta maior disponibilidade em solos ácidos (NATHTIGAL et al. 2009). Assim a CONAMA (2009), define valores de referência para o Zn^{2+} de 300 mg kg^{-1} para prevenção e 450 mg kg^{-1} em investigação para áreas agrícolas.

O manganês (Mn^{2+}), apresentou comportamento semelhante ao verificado pelo Zn^{2+} (Tabela 17), sendo os maiores teores encontrados na camada superficial 0-0,10 m. O teor médio foi superior na camada superficial ao encontrado por outros autores (CHAVES; FARIAS, 2009). Os baixos teores de manganês, provavelmente, são decorrentes dos baixos teores de matéria orgânica encontrada nos diferentes sistemas avaliados, uma vez que esta é uma das principais fontes deste nutriente no solo (ZANÃO JÚNIOR et al., 2007).

Nesse sentido, pesquisa desenvolvida por (CHAVES; FARIAS, 2009), avaliando a variabilidade espacial de Cu^{2+} e Mn^{2+} em um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Capim-PB, relatam valores de $1,13-5,39 \text{ mg kg}^{-1}$ para o Mn^{2+} , valores menores dos corroborados neste trabalho e, classificado como alto para a camada superficial, bom e alto para a camada 0,10-0,30 m, e, baixo e médio para a camada 0,30-0,50 m (CFSEMG, 1999). Ressaltando os sistemas intercalares DF, DM e DB com os maiores valores em todas as camadas.

Segundo Abreu et al. (2007), outro fator que influi no Mn^{2+} é o pH, sendo a faixa entre 5,0-6,5 onde ocorre a maior disponibilidade. Embora, os solos orgânicos apresentam deficiência de cobre e manganês, devido a complexos estáveis com a matéria orgânica. Neste trabalho foi observado condições favoráveis de pH na maioria dos sistemas agrícolas avaliados.

Em relação ao Fe^{3+} (Tabela 13), foram verificadas mais variações em todas as camadas para todos os diferentes sistemas avaliados em comparação com os outros micronutrientes, o Fe^{3+} foi classificado como alto $>45 \text{ mg kg}^{-1}$ para todas as camadas em todos os diferentes sistemas avaliados (CFSEMG, 1999).

A maior disponibilidade do Fe^{3+} é verificada entre pH 4,0-6,0 sendo um elemento em quantidades baixas na maioria dos solos agrícolas, tanto na solução do

solo como adsorvido em forma trocável, com uma deficiência marcada devido em maior parte pelo desequilíbrio em relação com o Mn^{2+} e Zn^{2+} , ou então o excesso de P nos solos (ABREU et al., 2007).

Essa disponibilidade do ferro é influenciada principalmente pelos teores de argila e matéria orgânica, havendo uma predisposição de retenção de ferro em solos argilosos, ao mesmo tempo em que quantidades satisfatórias de matéria orgânica propiciam melhor aproveitamento do Fe^{3+} pelos vegetais, formando quelatos em condições adversas de pH (NACHTIGALL et al., 2009). Os mesmos autores relatam, naqueles solos ricos em matéria orgânica sejam mais provavelmente pobres em Fe^{3+} e onde as deficiências são bastante comuns. Contrário ao observado nesta pesquisa, com baixos teores de matéria orgânica e altos teores de Fe^{3+} .

Os altos teores encontrados de Fe^{3+} no presente trabalho, são justificados pelos conteúdos que se encontram formando parte da composição mineralógica, geralmente compostos pela alta presença de plintita. Uma formação constituída da mistura de argila, pobre em C orgânico e rica em Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais, sendo ainda a plintita, um corpo distinto de material rico em óxido de ferro EMBRAPA (2007).

De forma geral, o solo é o principal fornecedor desses nutrientes, funcionando como uma fonte para as plantas. Sendo necessário o estudo e conhecimento do material de origem, processos pedogenéticos, distribuição nas camadas e suas correlações com os outros atributos e o manejo do solo (HUGEN et al., 2013), porém, vale ressaltar alguns fatores que marcam diferenças e que influenciam positivamente nesses sistemas de produção como: a granulometria e, as adubações realizadas, constatado no presente trabalho essas influências que tiveram nos diferentes sistemas intercalares em quanto à fertilidade do solo.

Mesmo assim, os sistemas DM, DB e PS apresentaram os valores superiores de argila em todas as camadas, contrário disso, foi o observado nas áreas de uso DP, DF e DA com os maiores teores de areia.

A fração argila regula as propriedades físicas e químicas do solo, agindo como centro de atividade, em cujo redor ocorrem reações químicas e trocas de substâncias nutritivas, protegendo-as contra a lixiviação mediante a atração de íons para a sua superfície (BRADY, 1989) e, uma superfície específica com propriedades como o tipo dominante de carga (-/+), sendo predominantemente encontradas cargas eletricamente negativas (LOPES; GUILHERME, 1992).

14.5. Análises de correlação de Pearson

Referente aos dados obtidos nas Tabelas 14, 15 e 16, apresentam às análises de correlação de Pearson para os atributos químicos correlacionados com a granulometria do solo realizadas de forma conjunta para os diferentes sistemas avaliados DP, DA, DF, DB, DM e PS, só separadas entre camadas, a fim de medir a magnitude da associação linear entre dois variáveis.

Foram observadas correlações significativas entre o teor de argila e, o P, com um coeficiente de correlação (r) de 0,72; 0,77 e 0,57 ($p \leq 0,01$), para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16).

Ao se comparar os teores de P e MO, encontrou-se correlação significativa, com um coeficiente de correlação (r) de 0,46 e 0,46 ($p \leq 0,05$) para as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Tabelas 14 e 16). Uma das razões da participação da MO na adsorção de P no solo pode ser a adição de resíduos orgânicos, uma vez que a imobilização de P da solução do solo torna-se maior que a mineralização do P orgânico quando o resíduo tem menos de 0,2 % do P total (NOVAIS; SMITH, 1999).

Cabe ressaltar, que a textura do solo também tem uma grande influência para o comportamento da acidez potencial (H+Al) e a MO no solo, como foi constatada nos sistemas intercalares. Com correlações significativas entre a argila e (H+Al), com um índice de correlação (r) de 0,62; 0,49 ($p \leq 0,01$); e 0,44 ($p \leq 0,05$) para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16). Já, para os teores de argila e MO foram obtidos coeficientes de correlação de 0,64 e 0,66 ($p \leq 0,01$) para as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Tabelas 14 e 16).

Correlações significativas entre a MO e o Mn^{2+} , com um coeficiente de correlação (r) de 0,67 e 0,63 ($p \leq 0,01$) para as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Tabelas 14 e 16). Já, para os teores de argila com o Mn^{2+} , foram obtidos coeficientes de correlação (r) de 0,50 e 0,74 ($p \leq 0,01$), para as camadas 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m (Tabelas 15 e 16).

Correlações significativas entre a MO e o Ca^{2+} , com um coeficiente de correlação (r) de 0,69 ($p \leq 0,01$) somente para a camada superficial 0-0,10 m (Tabela 14). Já, para os teores de argila com o Ca^{2+} , foram obtidos coeficientes de correlação (r) de 0,69, 0,51 ($p \leq 0,01$) e, -0,41 ($p \leq 0,05$), para as camadas 0-0,10; 0-0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16).

Tabela 14 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	pH	CEs	P-disp	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ³⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	MO	Nt	SB	CTCT	CTCt	V	m	Areia	Silte	Argila	
pH	~																						
CEs	0,65**	~																					
P-disp	0,49**	0,40*	~																				
Na ⁺	0,75**	0,65**	0,44*	~																			
K ⁺	0,80**	0,75**	0,43*	0,97**	~																		
Ca ²⁺	0,44*	0,43*	0,83**	0,21ns	0,30ns	~																	
Mg ²⁺	0,14ns	0,18ns	0,37ns	0,14ns	-0,04ns	0,74**	~																
Al ³⁺	-0,81**	-0,78**	-0,22ns	-0,86**	-0,93**	-0,17ns	0,08ns	~															
H+Al	0,45*	0,44*	0,54*	0,32ns	0,37ns	0,53**	0,09ns	-0,37ns	~														
Fe ³⁺	-0,49	-0,33ns	-0,04ns	-0,43*	-0,41*	-0,05ns	0,04ns	0,46*	0,00ns	~													
Zn ²⁺	-0,03ns	-0,12ns	0,48*	-0,34*	-0,38ns	0,67**	0,60**	0,47*	0,11ns	0,39ns	~												
Mn ²⁺	0,38ns	0,53**	0,31ns	-0,43*	0,17ns	0,65**	0,61**	-0,25ns	0,23ns	0,03ns	0,52**	~											
MO	-0,06ns	0,21na	0,46*	-0,11ns	-0,03ns	0,69**	0,67**	0,17ns	0,26ns	0,28ns	0,56**	0,52**	~										
Nt	0,05ns	0,41*	0,52**	0,06ns	0,15ns	0,75**	0,66**	-0,02ns	0,36ns	0,27ns	0,45*	0,56**	0,93**	~									
SB	0,51**	0,51**	0,78**	0,31ns	0,40*	0,98**	0,80**	-0,73**	0,47*	-0,04ns	0,57**	0,66**	0,67**	0,75**	~								
CTCT	0,56**	0,56**	0,79**	0,36ns	0,45*	0,91**	0,59**	-0,72**	0,80**	-0,02ns	0,43*	0,56**	0,58**	0,68**	0,90**	~							
CTCt	0,45*	0,45*	0,77**	0,24ns	0,32ns	0,98**	0,83**	-0,72**	0,44*	-0,00ns	0,62**	0,66**	0,70**	0,76**	1,00**	0,89**	~						
V	0,25ns	0,33ns	0,52**	0,10ns	0,19ns	0,79**	0,87**	-0,83**	-0,05ns	0,05ns	0,58**	0,66**	0,66**	0,70**	0,85**	0,55**	0,86**	~					
m	-0,80**	-0,82**	-0,27ns	-0,84**	-0,93**	-0,26ns	-0,02ns	0,99**	-0,37ns	0,42*	0,39ns	-0,33ns	0,07ns	-0,12ns	-0,38ns	-0,44*	-0,30ns	-0,20ns	~				
Areia	0,03ns	-0,16ns	-0,69**	0,06ns	0,03ns	-0,68ns	-0,38ns	-0,19ns	-0,61**	-0,41*	-0,56**	-0,28ns	-0,69**	-0,69**	-0,58**	-0,69**	-0,61**	-0,35ns	-0,11ns	~			
Silte	-0,34ns	-0,09ns	-0,06ns	-0,21ns	-0,17ns	0,03ns	0,11ns	0,18ns	0,03ns	0,27ns	0,08ns	-0,07ns	0,38ns	0,39ns	-0,02ns	0,03ns	0,03ns	-0,08ns	0,14ns	-0,26ns	~		
Argila	0,03ns	0,18ns	0,72**	-0,02ns	0,00ns	0,69**	0,37ns	0,16ns	0,62**	0,37ns	0,57**	0,30ns	0,64**	0,64**	0,59**	0,70**	0,62**	0,35ns	0,09ns	-0,98**	0,08ns	~	

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Correlações significativa e positivas entre o pH e os cátions, com um coeficiente de correlação para o Ca^{2+} (r) 0,44 ($p \leq 0,05$) e, 0,72 ($p \leq 0,01$), para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 m (Tabelas 14 e 15). Enquanto, para o pH e Mg^{2+} não foram observadas correlações. Em relação ao K^+ (r) de 0,80 ($p \leq 0,01$), 0,46 e 0,44 ($p \leq 0,05$). Já, para o Na^+ 0,75 ($p \leq 0,01$); 0,46 ($p \leq 0,05$) e, 0,50 ($p \leq 0,01$), para as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16).

O pH com o P disponível, também apresentaram correlações para as camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m, com um coeficiente de correlação (r) de 0,49 e 0,49 ($p \leq 0,01$) (Tabelas 14 15).

Correlações significativas entre a condutividade elétrica do solo (CEs) e os cátions trocáveis, com um coeficiente de correlação (r) com o Ca^{2+} de 0,43 ($p \leq 0,05$) para a camada 0-0,0,10 m (Tabelas 14). Enquanto, com o Mg^{2+} não foram observadas correlações. Em relação ao K^+ coeficientes (r) de 0,75; 0,73 ($p \leq 0,05$) e, 0,44 ($p \leq 0,01$). Já, para o Na^+ 0,65; 0,63 ($p \leq 0,01$) e 0,41 ($p \leq 0,05$), valores referentes às camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16).

Do mesmo modo, foram encontradas correlações significativas entre a soma de bases (SB) com os cátions trocáveis e CEs. Com um coeficiente de correlação (r) entre a SB e Ca^{2+} de 0,98; 0,82 e 0,53 ($p \leq 0,01$). Para o Mg^{2+} 0,80; 0,75 ($p \leq 0,01$) e, 0,48 ($p \leq 0,05$). Em relação ao K^+ 0,40 ($p \leq 0,05$); 0,56 e 0,87 ($p \leq 0,01$), com o Na^+ 0,42 ($p \leq 0,05$) e, 0,75 ($p \leq 0,01$). Já, para a CEs 0,51; 0,49 ($p \leq 0,01$) e 0,47 ($p \leq 0,05$). Valores referentes nessa ordem correspondente às camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16). Fato explicado, por terem uma correlação direta.

Correlações positiva e significativas entre a CTCT e o pH, com um coeficiente de correlação (r) de 0,56 ($p \leq 0,01$) para a camada 0-0,10 m (Tabela 14). Entretanto, uma alta correlação com a (H+Al) para todas as camadas (0,80; 0,84 e, 0,93 $p \leq 0,01$) (Tabelas 14, 15 e 16). Fato provável, a maioria dos sistemas intercalares mostraram mais diferenças na mudança do pH quando comparado com o sistema PS.

Tabela 15 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,10-0,30 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	pH	CEs	P-disp	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ³⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	MO	Nt	SB	CTCT	CTCt	V	m	Areia	Silte	Argila	
pH	~																						
CEs	0,40ns	~																					
P-disp	0,49**	0,33ns	~																				
Na ⁺	0,46*	0,63**	0,50**	~																			
K ⁺	0,46*	0,73**	0,53**	0,95**	~																		
Ca ²⁺	0,72**	0,27ns	0,58**	0,07ns	0,17ns	~																	
Mg ²⁺	0,38ns	0,16ns	0,52**	0,06ns	0,21ns	0,42*	~																
Al ³⁺	-0,75**	-0,66**	-0,34ns	-0,76**	-0,82**	-0,48*	-0,31ns	~															
H+Al	-0,41*	-0,42*	0,29ns	-0,36ns	-0,26ns	-0,03ns	0,29ns	0,46*	~														
Fe ³⁺	0,37ns	-0,24ns	0,35ns	0,27ns	0,23ns	0,15ns	0,46*	-0,29ns	0,15ns	~													
Zn ²⁺	0,27ns	-0,47*	0,31ns	-0,30ns	-0,42*	0,45*	0,09ns	0,30ns	0,16ns	0,12ns	~												
Mn ²⁺	0,57**	0,20ns	0,08ns	-0,14ns	-0,02ns	0,68**	0,38ns	-0,39ns	0,12ns	-0,05ns	0,28ns	~											
MO	-0,12ns	0,41*	0,36ns	0,30ns	0,47*	0,01ns	0,29ns	-0,17ns	0,38ns	0,08ns	-0,52**	-0,13ns	~										
Nt	0,07ns	0,41*	0,49**	0,18ns	0,41*	0,32ns	0,49**	-0,27ns	0,50**	0,09ns	-0,33ns	0,08ns	0,71**	~									
SB	0,75**	0,49**	0,76**	0,42*	0,56**	0,82**	0,75**	-0,67**	0,01ns	0,38ns	0,15ns	0,54**	0,29ns	0,54**	~								
CTCT	0,07ns	-0,08ns	0,65**	-0,07ns	0,09ns	0,42*	0,65**	0,02ns	0,84**	0,33ns	0,18ns	0,12ns	0,48*	0,70**	0,55**	~							
CTCt	0,63**	0,34ns	0,79**	0,22ns	0,36ns	0,83**	0,80**	-0,43*	0,19ns	0,35ns	0,30ns	0,51**	0,29ns	0,55**	0,96**	0,68**	~						
V	0,83**	0,63**	0,38ns	0,51**	0,57**	0,68**	0,41*	-0,80**	-0,61**	0,20ns	0,04ns	0,60**	-0,01ns	0,12ns	0,78**	-0,09ns	0,64**	~					
m	-0,76**	-0,66**	-0,38ns	-0,74**	-0,81**	-0,46*	-0,36ns	1,00**	0,42*	-0,30ns	0,29ns	-0,42*	-0,21ns	-0,31ns	-0,72**	-0,04ns	-0,49**	-0,82**	~				
Areia	-0,27ns	-0,13ns	-0,67**	-0,01ns	-0,08ns	-0,48*	-0,47*	0,09ns	-0,51*	-0,18ns	-0,16ns	-0,16ns	-0,30ns	-0,50**	-0,51**	-0,70**	-0,58**	-0,07ns	0,14ns	~			
Silte	0,05ns	-0,07ns	0,27ns	-0,31ns	-0,24ns	-0,30ns	0,26ns	0,13ns	0,48*	0,02ns	0,06ns	0,12ns	0,17ns	0,36ns	0,19ns	0,50**	0,29ns	-0,14ns	0,09ns	-0,86**	~		
Argila	0,33ns	0,20ns	0,77**	0,14ns	0,20ns	0,51**	0,50**	-0,19ns	0,49**	0,23ns	0,16ns	0,12ns	0,33ns	0,54**	0,59**	0,73**	0,64**	0,14ns	-0,23ns	-0,97**	0,73**	~	

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

De igual forma, foram encontradas correlações significativas entre a CTCt e os cátions trocáveis, com um coeficiente de correlação (r) para o Ca^{2+} de 0,98; 0,83 e 0,55 ($p \leq 0,01$). Enquanto, com o Mg^{2+} 0,83; 0,80 e 0,49 ($p \leq 0,01$). Para o K^+ 0,77 e, Na^+ 0,65 ($p \leq 0,01$), valores referentes para a camada 0,30-0,50 m (Tabela 14). Além disso, destaca-se ainda, a correlação encontrada entre a CTCt com os teores de argila, com um coeficiente de correlação (r) 0,62 e 0,64 ($p \leq 0,01$) para a camada 0-0,10 e 0,10-0,30 m (Tabela 14 e 15), e correlações com a MO para as camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (0,70 $p \leq 0,01$ e, 0,41 $p \leq 0,05$) (Tabelas 14 e 16).

A (V), é influenciada diretamente pela (SB) e CTCT, sendo corroborada com altas correlações positivas e significativas, com um coeficiente de correlação (r) de 0,85; 0,78 e 0,77 ($p \leq 0,01$) para SB em todas as camadas. Já, para a CTCT coeficientes de 0,55 e 0,49 ($p \leq 0,01$) camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Tabelas 14 e 16).

Destacando-se a influência direta da acidez trocável (Al^{3+}), com a saturação por alumínio (m), verificado pelas correlações encontradas, com coeficientes de correlação (r) de 0,99; 1,00 e, 0,98 ($p \leq 0,01$), camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Tabelas 14, 15 e 16).

Para o Zinco, foram encontradas correlações significativas com os teores de argila, com um coeficiente de correlação (r) de 0,57 ($p \leq 0,01$), para a camada 0-0,10 m (Tabela 14). Além disso, correlações significativas com a MO (r) 0,56 ($p \leq 0,01$) para a camada 0-0,10 m, entretanto para a camada 0,10-0,30 m uma correlação, porém negativa, (r) -0,52 ($p \leq 0,05$) (Tabelas 14 e 15).

Por outro lado, foram observadas correlações positiva entre o Mn^{2+} com os teores de argila com um coeficiente de correlação (r) de 0,42 ($p \leq 0,05$) para a camada mais profunda (Tabela 16). Entretanto, com a MO (r) 0,52 ($p \leq 0,05$) e, 0,44 ($p \leq 0,05$) nas camadas 0-0,10 e 0,30-0,50 m (Tabelas 14 e 16). Sendo corroboradas essas correlações do Mn^{2+} com a argila por (FADIGAS et al., 2010; BIONDI et al., 2011).

Tabela 16 - Correlação de Pearson, entre os atributos químicos do solo e a granulometria, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0,30-0,50 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	pH	CEs	P-disp	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ³⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	MO	Nt	SB	CTCT	CTCt	V	m	Areia	Silte	Argila	
pH	~																						
CEs	0,28ns	~																					
P-disp	0,13ns	0,22ns	~																				
Na ⁺	0,50**	0,41*	0,26ns	~																			
K ⁺	0,44*	0,44*	0,35ns	0,90**	~																		
Ca ²⁺	0,27ns	0,25ns	0,33ns	0,21ns	0,32ns	~																	
Mg ²⁺	0,25ns	0,19ns	0,67**	0,34ns	0,39ns	-0,42*	~																
Al ³⁺	-0,61**	-0,49**	-0,26ns	-0,82**	-0,92**	-0,41*	-0,38ns	~															
H+Al	-0,44*	-0,25ns	0,35ns	-0,27ns	-0,14ns	-0,62**	0,45*	0,19ns	~														
Fe ³⁺	-0,11ns	0,02ns	0,54**	0,05ns	0,17ns	-0,56**	0,38ns	-0,09ns	0,45*	~													
Zn ²⁺	0,37ns	-0,19ns	0,03ns	-0,29ns	-0,46*	-0,23ns	0,20ns	0,30ns	-0,15ns	-0,22ns	~												
Mn ²⁺	0,48*	0,28ns	0,17ns	0,01ns	0,06ns	0,17ns	0,45*	-0,31ns	0,09ns	-0,22ns	0,40*	~											
MO	0,10ns	0,39ns	0,46*	0,25ns	0,42*	-0,17ns	0,63**	-0,39ns	0,50**	0,30ns	-0,24ns	0,44*	~										
Nt	0,18ns	0,45*	0,61**	0,22ns	0,39ns	-0,22ns	0,68**	-0,40*	0,53**	0,40*	-0,18ns	0,41*	0,86**	~									
SB	0,52**	0,47*	0,33ns	0,75**	0,87**	0,53**	0,48*	-0,89**	-0,22ns	-0,08ns	-0,22ns	0,39ns	0,43*	0,41*	~								
CTCT	-0,24ns	-0,07ns	0,48*	0,01ns	0,19ns	-0,42*	0,63**	-0,15ns	0,93**	0,42*	-0,23ns	0,24ns	0,67**	0,69**	0,16ns	~							
CTCt	0,42*	0,42*	0,34ns	0,65**	0,77**	0,55**	0,49**	-0,75**	-0,21ns	-0,16ns	-0,16ns	0,40ns	0,41*	0,38ns	0,97**	0,16ns	~						
V	0,54**	0,41*	-0,05ns	0,65**	0,65**	0,78**	-0,05	-0,67**	-0,78**	-0,34ns	-0,11ns	0,12ns	-0,08ns	-0,13ns	0,77**	0,49**	0,75**	~					
m	-0,56**	-0,48*	-0,24ns	-0,83**	-0,93**	-0,53**	-0,34ns	0,98**	0,24ns	0,04ns	0,34ns	-0,31ns	-0,38ns	0,36ns	-0,95**	-0,12ns	-0,84**	-0,75**	~				
Areia	-0,15ns	-0,11ns	-0,39ns	0,13ns	0,17ns	0,44*	-0,64**	-0,14ns	-0,38ns	-0,20ns	-0,37ns	-0,47*	-0,49**	-0,52**	-0,02ns	-0,39ns	-0,10ns	0,30ns	-0,16ns	~			
Silte	0,07ns	-0,21ns	-0,04ns	-0,51*	-0,66**	-0,33ns	0,19ns	0,52**	0,12ns	-0,15ns	0,75**	0,38ns	-0,06*	-0,01ns	-0,38ns	-0,03ns	-0,27ns	-0,36ns	0,54**	-0,73**	~		
Argila	0,17ns	0,26ns	0,57**	0,09ns	0,12ns	-0,41*	0,74**	-0,09ns	0,44*	0,34ns	0,10ns	0,42*	0,66**	0,71**	0,22ns	0,53**	0,27ns	-0,21ns	-0,07ns	-0,93**	0,44*	~	

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Embora, para o Fe^{3+} não foi observada correlações com a MO nem com os teores de argila em todas as camadas, fato provável, pelos baixos teores de MO que apresentaram todos os diferentes sistemas avaliados.

Os altos teores encontrados desse micronutriente (Fe^{3+}) no presente trabalho são justificados pela alta presença de plintita. Uma formação constituída da mistura de argila, pobre em C orgânico e rica em Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais, sendo ainda a plintita, um corpo distinto de material rico em óxido de ferro EMBRAPA (2007).

Nesse sentido, a correlação não significativa deste micronutriente com argila deve-se em função dessa fração provavelmente ser pobre em argilominerais e óxidos de ferro. Souza et al. (2015), não observaram correlação em Argissolos do Estado de Minas Gerais. Birani et al. (2015), também não verificaram correlações significativa desse micronutriente com a argila em Latossolos. Ainda, Vieira (2016), avaliando amostras de vários solos, entre eles um Argissolo, também não reportou correlação entre os teores de argila e Fe^{3+} .

14.6. Análises de componentes principais (ACP)

As análises de componentes principais foram realizadas de forma conjunta para os diferentes sistemas avaliados DP, DA, DF, DB, DM e PS, só separados entre camadas (Figuras 6, 7 e 8). A fim de evidenciar, hierarquizar e analisar a interdependência dos atributos químicos estudados, tratando de encontrar um novo conjunto de variáveis (componentes principais) que expliquem a estrutura da variação, sendo representado o peso de cada variável analisada em cada componente (eixos).

A Figura 6, evidência a seqüência para os atributos químicos na camada 0-0,10 m nos diferentes sistemas agrícolas, sendo agrupados em dois conjuntos, e explicado nesses componentes (CP 1 e CP 2) o 83% da variância total dos dados.

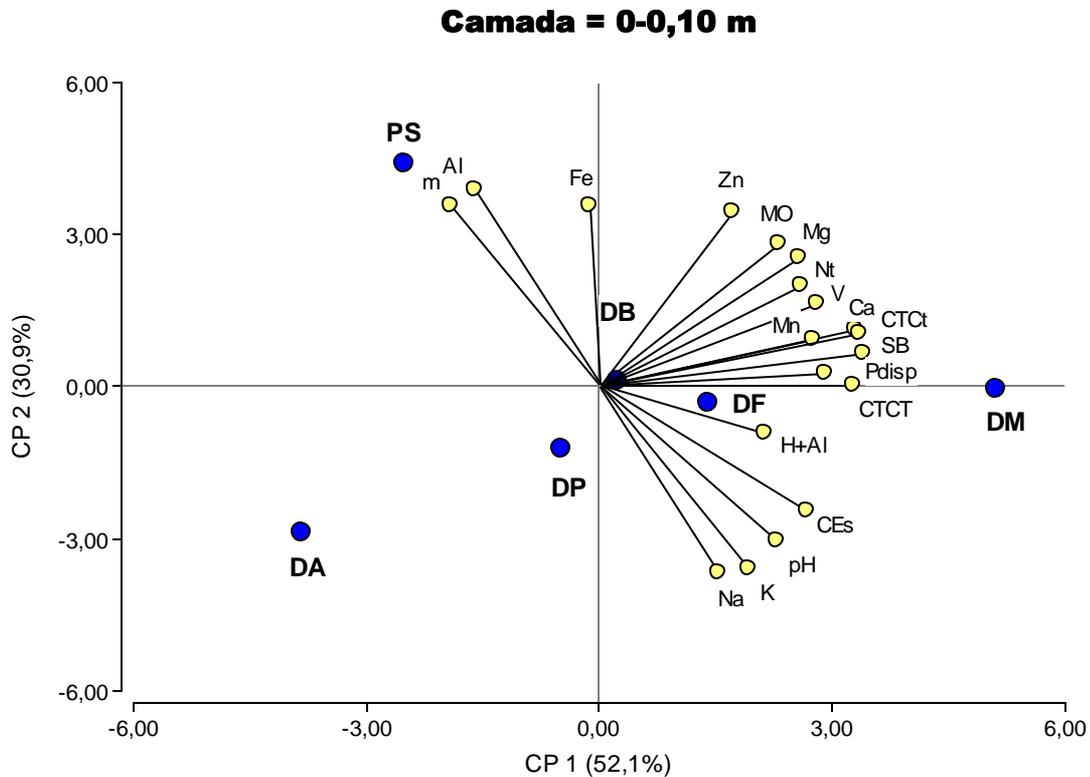


Figura 6 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0-0,10 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

O primeiro componente contribuiu com o 52,1% dos dados, contudo a maior parte das variáveis que foram afetadas fortemente, entre elas: O zinco (Zn^{2+}), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (Nt), saturação por bases (V), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), capacidade de intercambio catiônica efetiva (CTCt), soma de bases (SB), fósforo disponível (P-disp) e, a capacidade de intercambio catiônica total (CTCT), contribuindo em forma positiva ao CP 1.

Estes resultados indicam que o CP 1 permitiu distinguir as culturas que estão associadas a estas variáveis, sendo os sistemas agrícolas DM, DB e DF que mais contribuíram preservando ou melhorando as condições químicas do solo. Enquanto o sistema DP, mostrou-se menos afetado.

O segundo componente principal (CP 2) explicou o 30,9% do total dos dados, relacionado às variáveis, a acidez trocável (Al^{+3}) e saturação por alumínio (m). A

análise deste componente mostrou também que os atributos ($H+Al$, CEs, pH, Na^+ e, o K^+), projetaram-se negativamente, sendo o sistema PS que se mostrou mais associado nesse componente. Enquanto, o ferro (Fe^{3+}) não mostrou muita influência nesses sistemas.

A Figura 7, apresenta a ordenação dos atributos químicos para a camada 0,10-0,30 m, contribuindo essa seqüência com 72,6% da explicação dos dados originais.

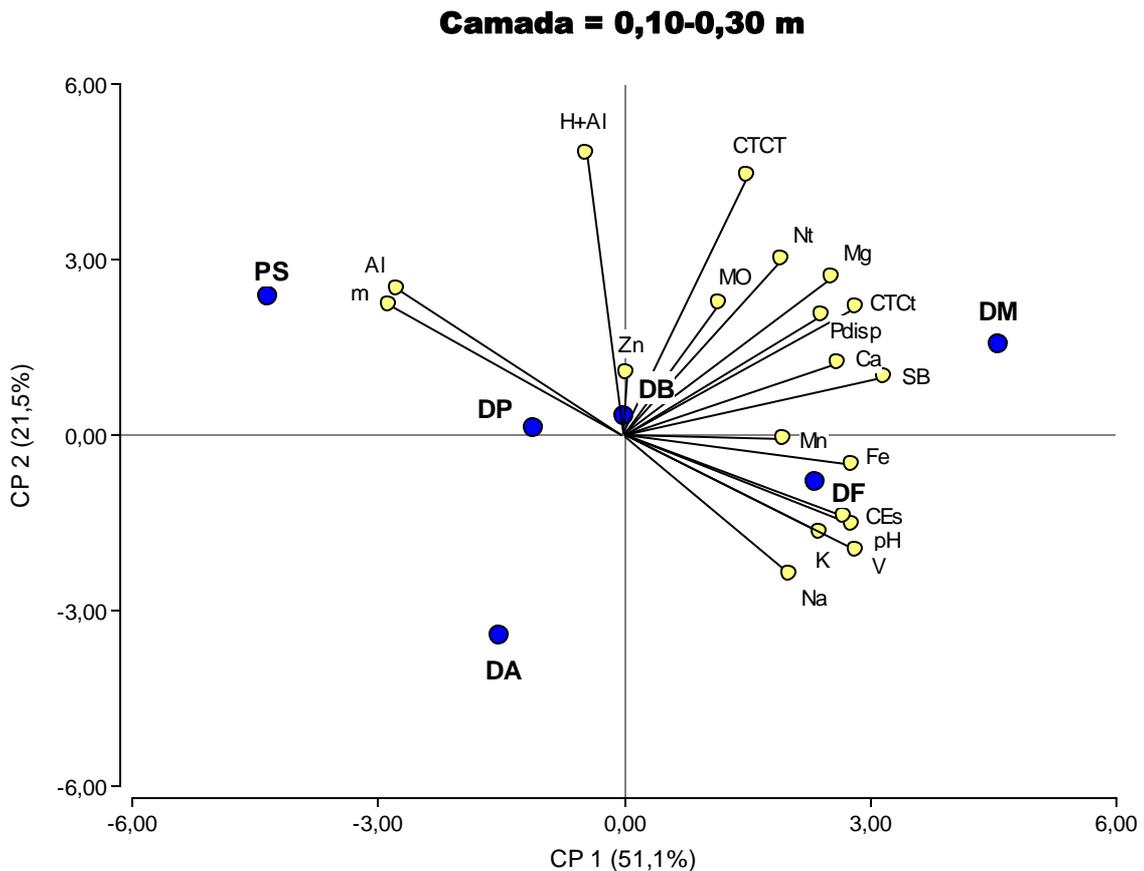


Figura 7 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0,10-0,30 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

O primeiro componente explicou o 51,1% da variação dos dados, sendo as variáveis afetadas e que mais contribuíram nesse componente, entre elas: A capacidade de intercambio catiônica total (CTCT), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (Nt), magnésio (Mg^{2+}), fósforo disponível (P-disp), capacidade de intercambio catiônica efetiva (CTCt), cálcio (Ca^{2+}), soma de bases (SB) e, o manganês (Mn^{2+}), contribuindo em forma positiva ao CP 1, associadas aos sistemas DM, DF, DB.

Entretanto, o zinco (Zn^{2+}) não mostrou influência nesse componente, para os diferentes sistemas.

O segundo componente principal (CP 2) explicou o 21,5% do total dos dados, relacionado às variáveis: acidez trocável (Al^{+3}) e, a saturação por alumínio (m) e, em oposição negativa os atributos (Fe^{3+} , CTCT, CEs, pH, V, K^+ e, o Na^+). A acidez potencial não mostrou influência para esse componente, que esteve associado aos sistemas intercalares PS e DP.

Em relação à Figura 8, mostra a seqüência da ordenação dos atributos químicos para a camada 0,30-0,50 m, contribuindo esses componentes com o 79,1% da explicação da variância total dos dados nessa camada.

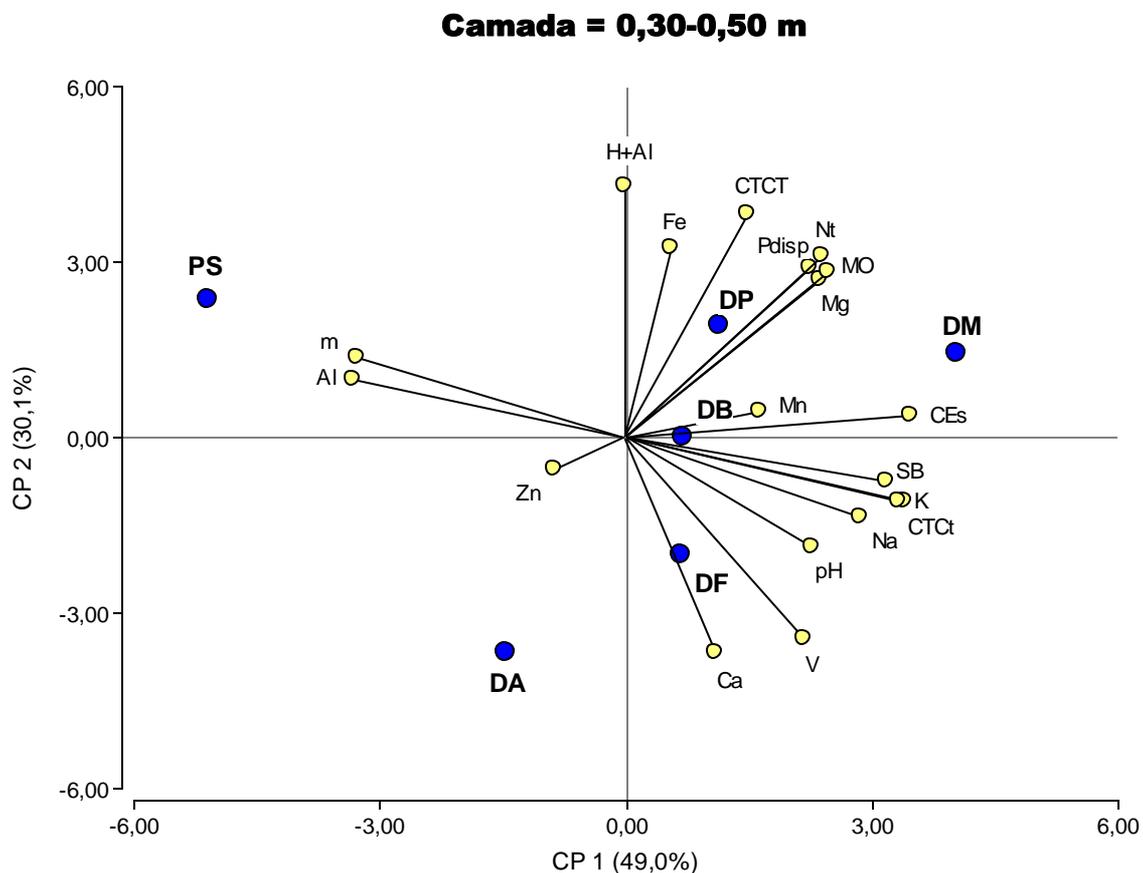


Figura 8 - Distribuição das variáveis originais entre os diferentes atributos químicos, na camada 0,30-0,50 m sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

No primeiro componente foi explicado o 49,0% dos dados, mostrando um comportamento semelhante ao observado nas camadas 0-0,10 e 0,10-0,30 m (Figuras 6 e 7), sendo as variáveis mais afetadas: A capacidade de intercambio

catiônica total (CTCT), fósforo disponível (P-disp), nitrogênio total (Nt), matéria orgânica (MO), magnésio (Mg^{2+}), manganês (Mn^{2+}) e, a condutividade elétrica do solo (CEs), contribuindo em forma positiva ao CP 1 e em projeção negativa ao zinco (Zn^{2+}), associado aos sistemas DM, DP, DB e DF. Enquanto, a acidez potencial (H+Al) e, o ferro (Fe^{3+}) não mostraram muita influência.

O segundo componente principal (CP 2) explicou o 30,1% do total dos dados, relacionado às variáveis: acidez trocável (Al^{+3}) e, a saturação por alumínio (m) e, em oposição negativa os atributos (SB, K^+ , CTCT, Na^+ , pH, V, e, o Ca^{2+}). Sendo o sistema PS que esteve associado nesse componente.

De forma geral, os componentes principais mostraram sensibilidade enquanto à seleção categórica das variáveis nos diferentes sistemas de uso avaliados e nas camadas. Podendo ser observado nas análises de componentes principais (ACP) (Figuras 6, 7 e 8), a seqüência afetou diretamente os atributos químicos do solo entre as variáveis analisadas, sendo as mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo: os cátions trocáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}), com a SB, CEs, CTCT e CTCT.

O fato de que o cálcio e magnésio terem apresentado bons teores nas três camadas, para os sistemas intercalares, influenciou diretamente na CEs, SB e na CTCT, com correlações positivas e altamente significativas (Tabelas 6, 7 e 8), sendo os sistemas mais associados DM, DF e DB, e com menor variação os sistemas DP e PS. Entretanto, o sistema DA foi o que mostrou menor associação com as variáveis, fato provável, por ser uma cultura que permaneceu instalada no campo o tempo todo, extraindo assim todas as reservas de nutrientes do solo, além disso, aliado a uma textura com altos teores de areia.

Menor importância nos eixos foi observada para o Zn^{+2} , Fe^{+3} e, a acidez potencial (H+Al), com comportamentos opostos através da ordenação no gráfico mostrando que estas variáveis tiveram pouca variabilidade nos ambientes estudados. No entanto, destaca-se a projeção da acidez trocável (Al^{+3}) e, a saturação por alumínio (m) correlacionado com a área PS, para todas as camadas 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m, respectivamente (Figuras 6, 7 e 8).

15. CONCLUSÕES

A calagem e as fertilizações realizadas na fase inicial e após implantação dos sistemas intercalares DP, DA, DF, DM e DB neutralizam o Al^{3+} e aumentam os valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Os sistemas intercalares DM, DF melhoram as condições de pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} , aumentando a CTCt e, a V.

O sistema intercalar DA é o que menos contribui para a melhoria da fertilidade do solo, com maior extração de macronutrientes e Zn.

A área PS apresenta os maiores teores de Al^{3+} e, (m) para todas as camadas, denotando um sistema menos sustentável.

CAPITULO 03 – ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE UM ARGISSOLO COM SISTEMA DE PASTAGEM CONVERTIDA AO CULTIVO DE DENDÊ (*Elaeis guineenses* Jacq.), SOB CULTURAS INTERCALARES

RESUMO - No Brasil, principalmente a região Amazônica, é, caracterizada por apresentar ambientes com florestas naturais e extensas áreas em uso agropecuário, existindo uma grande preocupação sobre a degradação dos solos pelo aumento dos desmatamentos e manejo inadequado das áreas de pastagem, acarretando alterações das propriedades biológicas do solo. Como boas alternativas têm sido sugerido os SAF's por promoverem uma maior diversidade biológica com sustentabilidade no solo, devido às vantagens ao intercalar diferentes espécies numa mesma área. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos biológicos do solo em diferentes sistemas de cultivo de dendê com culturas intercalares. O experimento foi conduzido em uma área experimental da Embrapa, em São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, com coordenadas geográficas de referência 00° 51' 13,3" N e 60° 00' 19,8" W e uma altitude de 100 m, instalado sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições, referentes aos seis tratamentos: dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) com as culturas intercaladas (abacaxi, feijão caupi, banana, mandioca e pastagem, além de uma área adjacente com pastagem *Brachiaria humidicola* como testemunha, na camada 0-0,10 m. Os sistemas que exibiram os melhores resultados e que mais contribuíram para melhorar as condições microbiológicas e bioquímicas do solo foram pastagem (PS), dendê com mandioca (DM) e dendê com pastagem (DP), influenciando positivamente nas variáveis como o C-BMS, o qC_{mic} e as atividades enzimáticas β -glucosidase, urease e fosfatase ácida, além disso, todas as variáveis foram influenciadas pelos teores de matéria orgânica, apresentando altas correlações positivas e significativas.

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais. Agricultura familiar. Qualidade microbiológica e bioquímica do solo. Amazônia.

CHAPTER 3 - MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ATTRIBUTES OF AN ARGISSOL WITH PASTURE SYSTEM CONVERTED TO DENDÊ CULTIVATION (*Elaeis guineenses* Jacq.), UNDER INTERCALAR CULTURES.

Abstract- In Brazil, mainly the Amazon region, is characterized by environments with natural forests and extensive areas in agricultural use, there is great concern about soil degradation by increasing deforestation and inadequate management of pasture areas, leading to changes in biological properties from soil. As good alternatives SAFs have been suggested to promote greater biological diversity with soil sustainability, due to the advantages of intercalating different species in the same área. In this context, the objective of this work was to evaluate the biological attributes of the soil in different systems of palm cultivation with intercropping. The experiment was conducted in an experimental area of Embrapa, São João da Baliza, RR, vicinal 26, Km 12, with geographic coordinates of reference 00° 51' 13,3" N and 60° 00' 19,8" W and an altitude of 100 m, installed on a Red-Yellow Argisol. The experimental design was completely randomized with four replications, for the six treatments: palm (*Elaeis guineenses* Jacq.), with intercropped crops (pineapple, cowpea, banana, cassava and pasture, as well as an adjacent area with *brachiaria humidicola* pasture as a control, in the 0-0,10 m layer. The systems that showed the best results and that contributed the most to the soil microbiological and biochemical conditions were pasture (PS), dendê with manioc (DM) and palm with pasture (DP), positively influencing variables such as C-BMS, qC_{mic} And the enzymatic activities β -glucosidase, urease and acid phosphatase, in addition, all variables were influenced by the organic matter contents, presenting high positive and significant correlations.

Key words: Agroforestry systems. Family farming. Soil microbiological and biochemical quality. Amazon

16. INTRODUÇÃO

Uma das principais alternativas para evitar a expansão da fronteira agrícola e desmatamento da floresta nativa, são os sistemas agroflorestais SAF's, recuperando áreas degradadas e/ou alteradas ou com estágios das mesmas, mantendo ou melhorando a qualidade do solo.

Nos SAF's, o componente arbóreo ajuda a modificar o ambiente do solo (FERREIRA et al., 2012; PAUL et al., 2013), a propicia deposição da serapilheira gerada das quedas de folhas, caules e resíduos das culturas surgem como fontes e manutenção da matéria orgânica (SMILEY; KRUSCHEL, 2008; CASTRO et al., 2009) com acréscimos da diversidade e atividade biológica (DANIEL et al., 2013).

A primeira etapa da decomposição e incorporação dos resíduos orgânicos é realizada pela macrofauna e, a mineralização e imobilização pelos microorganismos (ALMEIDA, 2012), atuando como uma força motriz na decomposição e ciclagem dos nutrientes (LIMA et al., 2010).

Vários indicadores biológicos podem ser recomendados para avaliar as alterações nos ecossistemas e sustentar a qualidade biológica do solo (BURNS et al., 2013). Desses destacam-se, o carbono da biomassa microbiana (NOGUEIRA et al., 2006), a respiração basal (MENDES et al., 2012), quociente metabólico e quociente microbiano derivados da BMS (HUNGRIA, 2009; NUNES et al., 2012) e, a atividade enzimática do solo (PAZ-FERREIRO et al., 2010).

A BMS é um dos componentes chave no solo, com funções na decomposição dos resíduos orgânicos (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000), definida como a parte viva da matéria orgânica do solo (NASCIMENTO et al., 2009), controlando os fluxos de C e N (GOSAI et al., 2010), correspondendo em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e, de 1 a 5% do N total do solo (SMITH; PAUL, 1990; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), atuando como reservatório de nutrientes e fluxo de energia (MONOKROUSOS et al., 2006).

Silva et al. (2007), verificaram incremento na biomassa microbiana do solo num SAF's, quando comparado com sistemas convencionais, e afirmaram que a maior presença da diversidade de espécies favorece a biomassa microbiana, pelos efeitos rizosférico e aporte de resíduos orgânicos.

Ainda, Alves et al. (2011); Lima et al. (2011) verificaram reduções nos estoques de carbono, quando comparado sistemas de pastagens e áreas de plantio convencional com áreas de mata nativa ou sistemas similares como os SAFs.

Outros indicadores também são recomendados como a respiração basal do solo (MENDES et al., 2012), relacionado a capacidade de degradação da MO (PRAGANA et al., 2012), bactérias e fungos são os maiores responsáveis pela liberação de CO₂ via degradação da MO, além de algas, protozoários e, a respiração das raízes (ROSCOE et al., 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

O quociente metabólico (qCO₂) (HUNGRIA, 2009; NUNES et al., 2012), refere-se à respiração basal de CO₂ incorporada por grama de biomassa microbiana em um determinado tempo, sendo importante nos estudos que avaliam o efeito das condições ambientais e antropogênicos sobre a atividade microbiana do solo (ZHANG et al., 2011), pode ser um bom indicador de estresse em manejos de culturas quando a BMS-C é afetada, pois, infere em ganhos de carbono, estimando a eficiência do uso do substrato pelos microrganismos do solo (SAVIOZZI et al., 2002; ALMEIDA et al., 2007).

Além disso, o quociente microbiano, fornecendo informações sobre a qualidade da matéria orgânica e a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (BANNING et al., 2008; NUNES et al., 2012).

As transformações da BMS são mediadas e catalisadas por processos enzimáticos (MELO et al., 2008), mediadoras diretas no funcionamento e catabolismo biológico dos microrganismos (NIELSEN; WINDING, 2002). Na decomposição dos resíduos orgânicos, a enzima β -Glucosidase está associada à quebra da celobiose, envolvida no ciclo do C (DONI et al., 2012), a urease à quebra da uréia no ciclo do N, assim atuando ambas no N e o C da BMS (GARCÍA-RUIZ et al., 2008) e, as fosfatases importantes no ciclo do fósforo, pois hidrolisam e transformam compostos de P orgânico em diferentes formas de P inorgânico, na forma de PO₄ de ésteres fosfóricos (BAKER et al., 2011; KEDI et al., 2013).

Portanto, objetivou-se neste trabalho, avaliar a qualidade microbiológica e bioquímica de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem convertida ao cultivo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), com culturas intercalares.

17. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios e teste F para os atributos bioquímicos e microbiológicos avaliados nos diferentes sistemas para a camada 0-0,10 m, são demonstrados no Apêndice E. Foram observados efeitos significativos para todas as variáveis nos diferentes sistemas avaliados.

17.1. Valores de respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e, o quociente do carbono microbiano ($qCmic$).

Foram observadas diferenças significativas entre os diferentes sistemas para todos os atributos microbiológicos e bioquímicos estudados (Tabela 17).

Tabela 17 - Valores de respiração basal do solo acumulada em 24 dias (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e, o quociente do carbono microbiano ($qCmic$), em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistemas de uso	Atributos Microbianos			
	RBS (mg de C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹)	C-BMS (mg C microbiano kg ⁻¹ solo)	qCO_2 (mg C-CO ₂ g ⁻¹ BMS-C h ⁻¹)	$qCmic$ (%)
Dendê x Pastagem (DP)	20,28 c	105,75 b	0,19 c	1,34 a
Dendê x Abacaxi (DA)	19,31 d	53,36 e	0,36 a	1,15 ab
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	19,65 d	81,35 d	0,24 b	1,16 ab
Dendê x Banana (DB)	21,44 b	85,22 d	0,25 b	1,02 b
Dendê x Mandioca (DM)	21,49 b	95,93 c	0,22 bc	1,02 b
Pastagem Solteira (DP)	23,50 a	116,00 a	0,20 c	1,36 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para a respiração basal do solo (RBS), que relaciona a capacidade de degradação da MOS, sendo definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido (PRAGANA et al., 2012). Foram observados resultados variáveis após 24 dias de incubação, sendo os maiores valores encontrados na área de PS (23,50 mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹) e, os menores valores nos sistemas intercalares DF e DA (23,50; 19,65 e 19,31 mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹).

Não foram observadas diferenças entre os sistemas DB e DM (21,44 e 21,49 mg de C-CO₂ kg⁻¹ solo seco h⁻¹) apresentando valores menores quando comparados com a área PS e, superiores com respeito ao sistema DP (20,28 mg de

C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹). Portanto, a atividade microbiana no solo com sistemas de cultivos intercalados foi menor que o sistema PS.

Muitos trabalhos têm-sido desenvolvidos no sudoeste da Amazônia. Mazzetto et al. (2016), avaliando atributos biológicos num Argissolo, encontraram os maiores valores de RBS na área de pastagem em comparação com áreas de uso agrícola e floresta nativa. De maneira geral, os autores observaram uma grande semelhança entre os valores das taxas de respiração entre as áreas nativas e áreas de pastagens, com diferenças significativas para áreas usadas como sistemas agrícolas.

Tais resultados corroboram com Colodel (2014), que ao avaliar diferentes sistemas de uso agrícola: três áreas de pastagem, lavoura, café e uma área nativa, num Argissolo Vermelho-Amarelo na região amazônica, observou os maiores valores de respiração acumulada durante 7 dias nas áreas de pastagem (15,95; 13,71 e 13,09 mg CO₂ solo h⁻¹). Além disso, Silva et al. (2014), também observou valores superiores de RBS na área de pastagem quando avaliaram a atividade biológica de solos em sistemas de cultivo orgânico, agroflorestal e pastagem no sudoeste da Amazônia.

Enquanto, Silva et al. (2012), ao investigarem a RBS, verificaram os maiores valores em áreas de pastagem e três fragmentos florestais em comparação com áreas de culturas anuais e perenes. De acordo com esses autores, os fatores responsáveis pela renovação da biomassa vegetal e microbiana e a ciclagem de nutrientes, podem ter promovido menores taxas de respiração nos solos sob cultivos anuais e perenes, sendo que em sistemas em que o uso do solo altera a dinâmica da MO verificaram-se diferenças significativas nos atributos microbiológicos.

Ainda, Pimentel et al. (2006), trabalhando com diferentes sistemas como floresta, pastagem e café, também relatam maiores resultados de RBS em áreas de pastagem na época do verão quando comparado aos outros ambientes de produção. Resultados que se assemelham aos encontrados por Salimon (2003), em trabalho realizado na Amazônia Sul-Occidental, no Acre, sobre RBS sob florestas e pastagem num Argissolo, onde o autor observou maiores valores de C-CO₂ na área de pastagem em comparação com floresta secundária e floresta intacta.

Em concordância com este trabalho, em todos os sistemas avaliados as maiores taxas de respiração foram observadas na área PS em comparação às áreas de uso agrícola. Geralmente solos sob interferência antrópica como em áreas

cultivadas, sofrem mudanças na sua composição e atividade metabólica, sendo que a população microbiana se encontra em estresse (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Assim, a taxa de respiração mais elevada pode ser desejável ou não, podendo indicar tanto distúrbio, como alto nível de produtividade do ecossistema, devendo ser analisada em cada contexto (ISLAM; WEIL, 2000).

Nesse sentido, Roscoe et al. (2006), afirmam que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para a planta, além disso, promove processos como: a agregação, capacidade de troca catiônica e retenção da água.

Os aumentos na taxa de respiração na área de pastagem, é explicada também pela preferência dos microrganismos por certos tipos de materiais orgânicos, além da presença de fezes e urina dos bovinos promovendo uma alta atividade metabólica, sendo também que as gramíneas liberam C na forma de CO₂ por apresentarem um maior sistema radicular, mas agressivo e exploratório, com uma alta atividade respiratória.

Em relação ao carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), que representa a quantidade de carbono que a biomassa microbiana do solo imobiliza em suas células, verifica-se que os diferentes sistemas avaliados promoveram variações nesses teores sendo observados os valores superiores na área PS (116,00 mg C microbiano kg⁻¹ solo) (Tabela 17).

Com respeito aos valores encontrados dentre dos sistemas intercalares, DP foi o que apresentou os maiores valores de 105,75 mg C microbiano kg⁻¹ solo, seguido de DM com 95,93 mg C microbiano kg⁻¹ solo, DB e DF apresentaram valores próximos e sem diferenças estatísticas significativas (85,22 e 81,35 mg C microbiano kg⁻¹ solo). Levando a consideração o sistema intercalar DA que apresentou os menores valores de 53,36 mg C microbiano kg⁻¹ solo, se diferenciando estatisticamente de todos os demais tratamentos, sendo que os sistemas PS e DP foram duas vezes superiores.

Fatores como teores de argila, umidade e dinâmica da água, tipos de cobertura com a adição contínua de resíduos, modificações do microclima da área, distribuição das raízes, teores do carbono orgânico incorporado influenciando diretamente na atividade e diversidade biológica e práticas de manejo como a incorporação de adubos inorgânicos explicam os resultados do presente estudo.

Segundo Silveira (2007), em trabalho desenvolvido no Rio Grande do Sul, avaliando um solo com sistema convencional de cultivo de abacaxi na camada de 0-0,20 m, obteve valores para a biomassa microbiana de 14,5 mg C kg⁻¹ e 24 mg C kg⁻¹ em dois períodos distintos, os maiores valores foram encontrados em solos de campo nativo, tais valores são próximos aos encontrados no presente estudo.

Enquanto, Mercante et al. (2008), trabalhando no Mato Grosso do Sul, num Argissolo Vermelho, em diferentes sistemas de cultivo de mandioca, obtiveram os valores de carbono microbiano superiores na área nativa 139,7 µg g⁻¹ de solo, também foram destaques os sistemas de plantio direto sobre resíduos de milho e mucuna com valores de 105,0 e 103,0 µg g⁻¹ solo, muitos próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Nesse contexto, pesquisas desenvolvidas por diversos autores no sudoeste da Amazônia, também reportaram os maiores valores de C-BMS na área de pastagem em comparação com áreas de uso agrícola e floresta nativa. Tais resultados foram atribuídos à biomassa de raízes finas como um fator que pode influenciar a resposta dos atributos microbiológicos no sistema pastagem, além disso, a idade de estabelecimento como fonte de acúmulo de carbono (SILVA et al., 2014; MAZZETTO et al., 2016).

Nas áreas de pastagem ocorre esse efeito, devido o sistema radicular ser abundante e extenso, apresentando uma renovação contínua e um forte efeito rizosférico, promovendo maior atividade biológica (ALVES et al., 2011). As similaridades entre pastagem e áreas nativas podem estar relacionadas a estoque de carbono equivalente, enquanto o comportamento diferenciado apresentado pelas áreas em agricultura pode estar relacionado com o manejo do solo e os diferentes tipos de culturas que são encontrados na região (abacaxi, banana, feijão, milho, arroz, cacau, café, entre outros).

Também foram observados maiores valores de CBM na área PS (Tabela 17), além disso, com abundante e voluminoso sistema radicular, favorecendo a existência de grande biomassa microbiana na rizosfera com aumentos no processo de mineralização (ALVARENGA et al., 1999).

Outros estudos também verificam que sistemas com uso de pastejo, agregam aos sistemas nutrientes essenciais e promovem aumento significativo da biomassa de microrganismos. Garcia e Nahas (2007), ao investigarem o efeito da lotação de

ovinos na influência dos microrganismos do solo, concluíram que o manejo adequado de animais favorece o aumento da população microbiana, sendo este fator atribuído aos seus excrementos.

Cabe ressaltar, que a avaliação do C-BMS ou a RBS feita isoladamente, fornecem apenas informações limitadas sobre certas respostas nas interferências no solo ao estresse ou perturbações. Sendo, portanto, necessário o acompanhamento de outras avaliações, podendo ser conduzidas juntamente com a determinação dessas características, como o quociente metabólico (qCO_2), quociente do carbono microbiano (qC_{mic}) e a atividade enzimática do solo.

Quanto ao quociente metabólico (qCO_2), foi estimado a partir dos valores da RBS acumulada nos 24 dias e C-BMS, sendo verificado o maior valor no sistema de uso agrícola DA ($0,36 \text{ mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C} \cdot \text{h}^{-1}$) diferindo dos outros sistemas, seguido de DB, DM e DF que não diferiram estatisticamente entre si ($0,25$; $0,22$ e $0,24 \text{ mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C} \cdot \text{h}^{-1}$) e, os valores menores foram encontrados nas áreas PS e DP ($0,20$ e $0,19 \text{ mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C} \cdot \text{h}^{-1}$) (Tabela 17).

Segundo Chaer (2011) e Souza et al. (2013), valores baixos de qCO_2 indicam ambiente mais estável com melhor qualidade nos atributos físicos, químicos e biológicos, o que demonstra um ecossistema mais equilibrado nas áreas submetidas a pastagem, porém, nas culturas intercaladas com a substituição da cobertura ocorre decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, aumentando o quociente metabólico (BALOTA et al., 1998).

Mesmo assim, Anderson e Domsch (1993), relatam que esse atributo serve para estimar a eficiência do uso do substrato pelos organismos do solo, assim, o alto valor encontrado nas áreas agrícolas e mais especificamente no sistema dendê com abacaxi (DA), indica a ocorrência de distúrbios onde a população microbiana está oxidando carbono de suas próprias células, sendo que esses altos valores correspondem à necessidade de uma alta demanda de energia para sua manutenção, sobrevivência e adaptação ao solo, portanto, a população microbiana se encontra em condições adversas ou estressantes.

Ainda, Martins et al. (2010), explicam que os maiores valores de qCO_2 encontrados nos sistemas indicam mais perdas de carbono no sistema por unidade de biomassa microbiana e estão relacionados à resposta da mineralização da biomassa microbiana. Onde menores valores de qCO_2 e maior valor de C-BMS

sugerem que a biomassa microbiana foi mais eficiente na utilização dos compostos orgânicos, liberando menos carbono, como CO₂ e incorporando mais aos tecidos microbianos (CUNHA et al., 2011).

Dessa forma, em relação à mineralização da biomassa microbiana, pode-se inferir que, em comparação ao sistema PS, os sistemas DP, DM e DF foram muito parecidos na utilização dos compostos orgânicos, incorporando C aos seus tecidos e liberando menos como CO₂. Pode-se concluir, ainda, que a população microbiana do solo nessas áreas de uso agrícola DP, DM e DF, demandaram quantidades semelhantes de energia para se manterem, indicando que os sistemas intercalados estudados podem reduzir a emissão de CO₂ ao longo do tempo, uma vez que são ambientes mais estáveis para a comunidade microbiana do solo.

Além disso, observa-se também que o sistema DA está passando por algum estresse ambiental devido a sua relação com qCO_2 e baixa atividade microbiana, diferentemente dos sistemas PS, DP e DM, que além de estimularem o desenvolvimento microbiano (C-BMS), apresentam uma boa qualidade da matéria orgânica ($qMIC$), aumentando a eficiência de utilização dos substratos.

Nesse aspecto, o quociente microbiano ($qCmic$), é um importante indicador de impactos (KLUMPP et al., 2003). Fornecendo informações sobre a qualidade da MO e, a quantidade de C imobilizado na biomassa microbiana (BANNING et al., 2008; NUNES et al., 2012). Sendo os maiores valores de $qCmic$ observados nos ambientes PS e DP (1,36 e 1,34%), superior aos valores encontrados nas áreas destinadas ao uso convencional DA e DF (1,15 e 1,16%) e, com os menores valores observados nos sistemas DB e DM (1,02 e 1,02%).

Altos teores de $qCmic$ indicam que há um aumento do C-BMS frente à quantidade de C orgânico disponível, ou seja, uma maior eficiência no seu uso pelos microrganismos. Alvarez et al. (1995), o $qCmic$ é reportado como um indicador de qualidade da MO, permitindo acompanhar perturbações promovidas pelo desequilíbrio ecológico e variações nos teores de MO ocasionadas pelo manejo.

Em experimento realizado por Mazzetto et al. (2016), ao avaliarem atributos biológicos do solo no sudoeste da Amazônia, observaram maiores valores $qCmic$ nas áreas de pastagem em comparação com áreas de uso agrícola e floresta nativa. Ainda, Colodel (2014), ao investigar um Argissolo Vermelho-Amarelo na região amazônica na camada 0-0,10 m, encontrou os maiores valores de $qCmic$ em três

áreas de pastagem em comparação aos sistemas de uso agrícola (lavoura, café e área nativa).

Neste trabalho, os menores valores foram encontrados nos sistemas de uso agrícola em relação aos sistemas submetidos sob pastagem, indicando uma maior perturbação nesses ambientes, sejam pelo tipo de manejo ou pela intervenção antrópica de forma geral. Jekinson e Ladd (1981) e Jakelaitis et al. (2008), estabelecem valores normais de qC_{mic} entre 1 e 4%, sendo os valores observados nesta pesquisa nessa faixa, para as diferentes áreas estudadas.

17.2. Atividade da β -glucosidase, urease e fosfatase ácida

Outros atributos bioquímicos importantes a considerar são, a atividade enzimática que envolve processos metabólicos, assim, na decomposição desses resíduos orgânicos, a enzima β -glucosidase está associada à quebra da celobiose, envolvida no ciclo do C (DONI et al., 2012). A urease à quebra da uréia no ciclo do N, assim atuando ambas no N e o C da biomassa microbiana (GARCÍA-RUIZ et al., 2008) e, as fosfatases no ciclo do fósforo, hidrolisando e transformando compostos de P orgânico em diferentes formas de P inorgânico, na forma de PO_4 de ésteres fosfóricos (BAKER et al., 2011; KEDI et al., 2013).

Nesse contexto, os dados contidos na Tabela 28 apresentam os valores para a atividade da β -glucosidase, urease e fosfatase ácida, com diferenças significativas entre os diferentes sistemas avaliados.

Tabela 18 - Atividade da β -glucosidase, urease e fosfatase ácida, em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

Sistemas de uso	Atributos Microbianos		
	β -Glucosidase ($\mu\text{g p-nitrofenol.}$ g^{-1} solo h^{-1})	Urease ($\mu\text{g NH}_4^+$ g^{-1} solo 2h^{-1})	Fosfatase Ácida ($\mu\text{g p-nitrofenol.}$ g^{-1} solo h^{-1})
Dendê x Pastagem (DP)	39,59 abc	121,11 b	145,83 bc
Dendê x Abacaxi (DA)	22,97 d	104,49 c	47,42 d
Dendê x Feijão-Caupi (DF)	37,90 bc	117,15 b	119,42 c
Dendê x Banana (DB)	32,16 cd	118,34 b	132,04 c
Dendê x Mandioca (DM)	51,22 a	126,45 b	168,83 b
Pastagem Solteira (PS)	47,83 ab	148,42 a	230,33 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Destaca-se o sistema DM com a maior atividade da β -glucosidase 51,22 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ solo h^{-1} , seguido dos sistemas PS e DP com valores de 47,83 e 39,59

$\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, se comportando estatisticamente iguais. Já, menores valores foram encontrados nos sistemas DF e DB ($37,90$ e $32,16 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) e, o sistema DA com valores muito inferiores de $22,97 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Tabela 18).

A incorporação de MO nesses sistemas fornece o substrato necessário para a ação da β -glucosidase, mantendo e protegendo as enzimas em suas formas ativas, devido à formação de complexos enzimas-compostos húmicos (DENG; TABATABAI, 1997). Além disso, áreas formadas por gramíneas têm uma densa área radicular explorando maiores profundidades quando comparado às áreas agrícolas, favorecendo a biomassa microbiana da rizosfera e conseqüentemente estimulando uma maior atividade dos microrganismos.

Com relação ao tipo de cobertura, na área PS além de formar complexos, a incorporação e decomposição dos resíduos orgânicos tornam-se mais lenta devido a condições químicas, apresentando menores valores de pH quando comparados com as áreas intercaladas, permitindo manter material por períodos longos de tempo com maior ação e atividade enzimática, apresentando os maiores resultados.

Além disso, a qualidade do resíduo incorporado influencia na atividade enzimática, os sistemas intercalares com uso de plantas de cobertura, apresentam material com constituintes recalcitrantes à decomposição microbiana, como ligninas, ceras e compostos fenólicos de alto peso molecular, com maior dificuldade para serem quebrados, e menor quantidade de material de fácil decomposição e incorporação tais como carboidratos (CUNHA et al., 2011).

De acordo com Moscatelli et al. (2012), os sistemas de uso de terra que propiciam maior diversidade e quantidade de resíduos orgânicos favorecem o desenvolvimento dos microrganismos e promovem aumento da atividade enzimática. Isto explica a maior atividade encontrada nos sistemas DM, PS e DP, sendo que esses sistemas apresentaram os maiores teores de COT no solo e, a maior atividade da enzima β -glucosidase. Segundo Dick et al. (1996), em experimentos desenvolvidos estabelecem valores de variação para a enzima β -Glucosidase de 38 a $720 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, observando-se nessa faixa os valores encontrados nos diferentes sistemas avaliados neste trabalho.

Ainda, Almeida et al. (2016), ao avaliarem fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil, reportam valores

máximos de 72,4 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, para a atividade β -Glucosidase, em um sistema consorciado de lablab (*Dolichos lablab*) com milho.

Os valores obtidos para a atividade urease obtiveram pequenas variações, entre os diferentes sistemas estudados. Sendo constatadas diferenças significativas na área PS com valores de 148,42 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$, apresentando os maiores valores quando comparados às áreas intercalares. Os sistemas DB, DP, DM e DF não diferiram entre si, com valores da atividade enzimática urease (126,45; 121,11; 118,34 e 117,15 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$, respectivamente), com exceção do sistema intercalar DA com os menores valores observados de 104,49 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$ (Tabela 18).

Nesse sentido Bandick e Dick (1999), ao estudarem nos Estados Unidos o efeito de fertilizantes e rotação de culturas sobre a atividade enzimática no solo, estabelecem valores da atividade uréase de 40 a 270 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$. Resultados encontrados nesta pesquisa se encontram nessa faixa de variações na atividade da urease.

Assim Schmitz (2003), em trabalho desenvolvido No Rio Grande do Sul (RS), avaliando um Argissolo sob diferentes coberturas vegetais e práticas de manejo, foram encontrados valores da atividade enzimática da Urease entre 32 e 164 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$, sendo maiores os valores nas áreas nativas em comparação às áreas sob uso agrícola.

Almeida et al. (2016), ao avaliarem fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil, reportam valores máximos de 23,6 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ solo 2h}^{-1}$ para a atividade urease, em um sistema consorciado de lablab (*Dolichos lablab*) com milho.

Estes resultados indicam que a MO, além de servir de substrato para a microbiota, pode estar protegendo esta enzima contra a ação de enzimas proteolíticas naturalmente presente no solo, mantendo o potencial de atividade da urease por maiores períodos de tempo. Na área PS existe conseqüentemente um maior sistema radicular quando comparado às áreas com culturas intercalares DM, DP, DB, DF e DA, o que aumenta a rizosfera estimulando a atividade dos organismos nestes locais, além disso, há um contínuo aporte de resíduos orgânicos, mesmo assim, nas áreas sob uso agrícola, a baixa atividade também pode estar relacionada a mudanças na composição das comunidades microbianas presentes.

Embora, o nitrogênio orgânico possa se encontrar como uréia ocorrendo na forma natural por meio de excreções de animais e como produto de mineralização de ácidos nucléicos (METTING JUNIOR, 1992), indicando que a amonificação esteja ocorrendo normalmente na área PS, sendo que as condições químicas são favoráveis com valores baixos de pH, teores de argila que podem estar influenciando a retenção do cátion amônio, por processos de adsorção aos colóides do solo tornando-o relativamente estacionário.

Vale destacar, que os sistemas intercalares DM, DP, DB, DF não apresentaram diferenças significativas entre eles na atividade da urease, com valores muito próximos ao sistema PS, porém, também é importante ressaltar que a cobertura tem grande influência nesse processo, ajudando a manter condições estáveis de pH, como também uma cobertura mais diversificada que propiciam melhor fonte de energia para os microrganismos, favorecendo assim a atividade dessa enzima.

Em relação à atividade da fosfatase ácida, ressalta-se também o sistema PS com os maiores valores $230,33 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, seguido dos sistemas DM e DP ($168,83$ e $145,85 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$), porém, sem diferenças significativas. Já, valores decrescentes foram observados nos sistemas intercalados DB e DF ($132,04$ e $119,42 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) e, ainda valores mais baixos no sistema DA com $47,42 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Tabela 18).

A atividade fosfatase ácida é influenciada principalmente pelas características químicas do solo, a MO apresenta efeitos benéficos uma vez que aumenta a comunidade microbiana. Além disso, a maior atividade dessa enzima encontra-se com pH do solo em torno de 5,0 com tendência a diminuir com aumentos do pH para valores de 7,0 (DICK et al., 1988). Sendo condições ideais em áreas nativas e áreas de pastagem, quando comparados com áreas cultivadas, observando-se diferenças significativas entre os sistemas avaliados neste trabalho (Tabela 18).

A atividade da fosfatase é rigorosamente controlada pela demanda biológica, de modo que quanto menor a quantidade de fósforo inorgânico maior atividade da enzima (SPEIR; ROSS, 1978; ALLISON et al., 2007), fato, verificado nos sistemas com culturas agrícolas $\text{DM} > \text{DP} > \text{DB} > \text{DF} > \text{DA}$, onde a atividade da fosfatase ácida foi menor.

Sabe-se também que a maior atividade da fosfatase ácida é relacionada com a diminuição dos teores de P no solo (GATIBONI et al, 2008), corroborando com os

resultados encontrados na área PS, como controle com a maior atividade sem a presença de adubos inorgânicos, seguido dos sistemas intercalados DM e DP.

Conseqüentemente nas áreas cultivadas, aplicações localizadas de adubos inorgânicos fosfatados, ocasionam a diminuição da ação enzimática, ocorrendo em zonas de baixa atividade e concentração nessa enzima, contrário nas áreas nativas e de pastagem mantendo esse equilíbrio dinâmico. Essas diferenças observadas entre os diferentes sistemas avaliados podem ser explicadas também às mudanças qualitativas na diversidade das comunidades microbianas e, o estresse provocado pelos adubos inorgânicos incorporados.

Nesse sentido Peixoto (2010), ao avaliar a biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados, encontrou valores para a atividade da fosfatase ácida de 8,61 mg p-nitrofenol kg⁻¹ TFSE h⁻¹ na condição de cultivo a 191,79 mg p-nitrofenol kg⁻¹ TFSE h⁻¹ na condição de pastagem. Para solos sob condições de mata obteve valores de 19,63 mg p-nitrofenol kg⁻¹ TFSE h⁻¹ a 158,22 mg p-nitrofenol.

17.3. Análises de correlação de Pearson

Na Tabela 19 são apresentadas as análises de correlação de Pearson, realizadas de forma conjunta para os diferentes sistemas avaliados DP, DA, DF, DB, DM e PS na profundidade 0-0,10 m, a fim de medir a magnitude da associação linear entre dois variáveis, entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos do solo.

Tabela 19 - Correlação de Pearson entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos, estudados em um Argissolo Vermelho-Amarelo com diferentes sistemas de uso na camada 0-0,10 m, São João da Baliza, Boa Vista - RR, 2017.

	COT	RBS	C-BMS	qCO ₂	qCmic	β-Glu	Ure	Fos Ac
COT	~							
RBS	0,60**	~						
C-BMS	0,74**	0,74**	~					
qCO₂	-0,76**	-0,55**	-0,94**	~				
qCmic	-0,32ns	0,19ns	0,38ns	-0,30ns	~			
β-Glu	0,70**	0,58**	0,74**	-0,71**	-0,06ns	~		
Ure	0,59**	0,88**	0,84**	-0,68**	0,33ns	0,69**	~	
Fos Ac	0,71**	0,87**	0,90**	-0,79**	0,27ns	0,75**	0,91**	~

Onde: n.s. - não significativo (p>0,05); * - significativo em nível de 5% (p≤0,05); ** - significativo em nível de 1% (p≤0,01).

Correlação positiva e altamente significativa da RBS com a MOS, com um coeficiente de correlação (r) de 0,60 ($p \leq 0,01$). Justificando assim, que a disponibilidade e contínua adição de resíduos orgânicos ao solo, aumenta os teores da MO, favorecendo e promovendo maior atividade biológica com posterior aumento no metabolismo dos microrganismos e na taxa respiratória.

Correlação positiva e significativa do C-BMS com a MOS e RBS, com um coeficiente de correlação (r) de 0,74 e 0,74 ($p \leq 0,01$). Carneiro (2010), reportou correlação significativa e positiva entre C-BMS e a MOS, indicando que o atributo microbiano é influenciado pelos teores de MO, sendo um fato esperado já que, a maior incorporação de resíduos orgânicos aumenta a atividade biológica, liberando C na forma de CO_2 pelo metabolismo microbiano.

Correlação altamente significativa, porém, negativa, foi observada entre o $q\text{CO}_2$ e MO, com um coeficiente de correlação (r) de -0,76 ($p \leq 0,01$), do mesmo modo foi verificada também, correlação altamente significativa e negativa entre o $q\text{CO}_2$ com a RBS e C-BMS com um coeficiente de correlação (r) -0,55 e -0,94 ($p \leq 0,01$) (Tabela 25), dados corroborando por (PIMENTEL et al., 2006; SOUZA et al., 2013; COLODEL, 2014).

Correlação positiva e significativa entre a MOS, C-BMS com a enzima β -glucosidase, com um coeficiente de correlação (r) de 0,70 e 0,74 ($p \leq 0,01$). Quanto maior os teores do carbono do solo nas áreas estudadas, maiores valores encontrados da atividade β -Glucosidase. Stott et al. (2010) e Silva et al. (2012), também reportam a mesma seqüência em seus estudos.

Correlação positiva e altamente significativa entre a MOS, o C-BMS e, a atividade urease, com um coeficiente de correlação (r) de 0,59 e 0,84 ($p \leq 0,01$). Pesquisas realizadas por diferentes autores como Zornoza et al. (2006), em solos da região do Mediterrâneo na Espanha; Silveira (2007), avaliando qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul, também obtiveram uma correlação positiva e altamente significativa entre a matéria orgânica e, a atividade urease.

Correlação positiva e significativa entre a MOS, C-BMS e, a enzima fosfatase ácida, com um coeficiente de correlação (r) de 0,71 e 0,90 ($p \leq 0,01$) respectivamente. Dados que corroboram com os obtidos por (NAHAS et al., 1994; FERNANDEZ et al., 1998; PEIXOTO, 2010), ao encontrarem correlações significativas entre a MO e, a atividade fosfatase ácida.

17.4. Análises de componentes principais (ACP)

As análises de componentes principais foram realizadas de forma conjunta para os diferentes sistemas avaliados DP, DA, DF, DB, DM e PS, na camada 0-0,10 m, a fim de evidenciar e analisar a interdependência das variáveis entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos estudados, tratando de encontrar com perda mínima de informação, um novo conjunto de variáveis (componentes principais) que expliquem a estrutura da variação, sendo representado o peso de cada variável analisada em cada componente (eixos).

Na Figura 9 estão representados os resultados da análise dos componentes principais (ACP) das variáveis avaliadas: COT e, os atributos microbiológicos e bioquímicos, a soma da variabilidade retida nesses componentes explicou o 90% da variabilidade original dos dados.

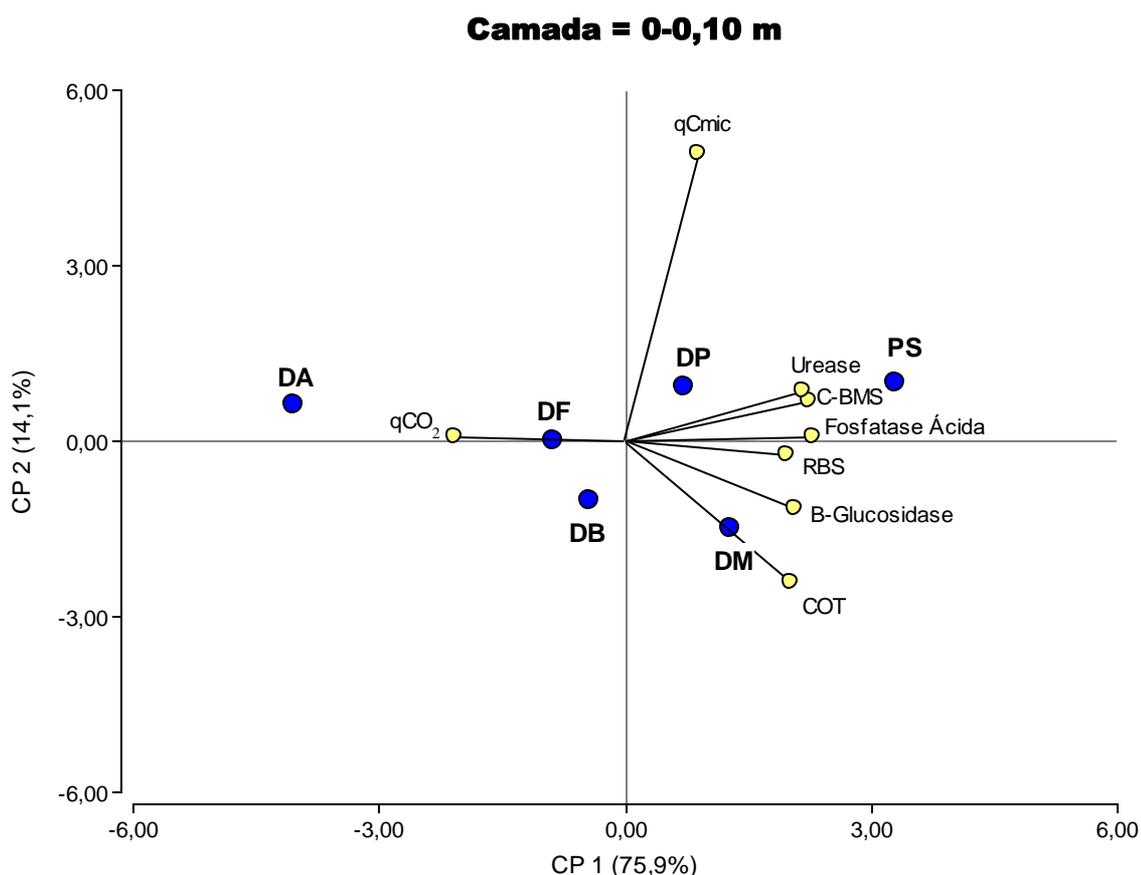


Figura 9 - Distribuição das variáveis originais entre o carbono orgânico total (COT) e, os atributos microbiológicos e bioquímicos na camada 0-0,10 m, sobre o primeiro e segundo componente principal (CP 1 e CP 2).

O primeiro componente principal (CP 1) contribuiu com o 75,9% da variância total explicada, contudo a maior parte das variáveis que foram afetadas fortemente, entre elas: urease, C-BMS e, a fosfatase ácida, contribuindo em forma positiva ao CP 1, e inverso com a variável qCO_2 . Além disso, o $qCmic$ não apresentou influência para todos os diferentes sistemas avaliados nesse componente.

Estes resultados indicam que o CP 1 permitiu distinguir as culturas que estão associadas a estas variáveis, sendo os sistemas PS, DP e DM que mais contribuíram para melhorar as condições microbiológicas e bioquímicas do solo.

O segundo componente principal (CP 2) explicou o 14,1% do total e esteve relacionado à variável qCO_2 , em projeção negativa com as variáveis RBS, β -glucosidase e, o COT. A análise mostrou que o sistema DA esteve mais relacionado para este componente e, com menores efeitos para DF e DB.

De forma geral, os componentes principais mostraram muita sensibilidade enquanto à seleção categórica das variáveis nos diferentes sistemas avaliados, podendo sugerir que a contínua incorporação e decomposição de resíduos e os exsudatos liberados pelas raízes, promovem aumento da atividade microbiana como resultado final em maior equilíbrio nos ciclos bioquímicos, como observado nas áreas PS, DP e DM.

Além disso, o atributo $qCmic$ correlacionou-se negativamente com o atributo qCO_2 , sendo o sistema DA que se mostrou mais associado nesse componente e, com menores efeitos para os sistemas DF e DB, indicando essa seqüência que os sistemas foram fortemente afetados, implicando uma alta atividade metabólica (qCO_2) com maior suprimento de energia ($qCmic$).

18. CONCLUSÕES

Os sistemas que mais contribuem para melhorar as condições microbiológicas e bioquímicas do solo são PS, DP e DM.

O equilíbrio e a dinâmica nos sistemas DF e DB, modificados pela ação antrópica, apresentam valores intermediários relacionados aos atributos microbiológicos e bioquímicos.

O sistema DA apresenta-se como o ambiente menos estável, com um alto estresse e menor qualidade dos atributos microbiológicos e bioquímicos.

Todos os atributos microbiológicos e bioquímicos analisados nos diferentes sistemas agrícolas são influenciados pelos teores de MO.

REFERÊNCIAS

- ABRAÃO, S. F.; **Alterações físicas e químicas de um cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações.** 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2011.
- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. **Micronutrientes.** In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A. A. da; UCHÔA, S. C. P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.3, p.532-538, 2012.
- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Variação temporal da estabilidade estrutural em Podzólico Vermelho- Amarelo. **Revista Ciência Rural**, v.24, p.275-280, 1994.
- ALFAIA, S. S.; RIBEIRO, G. A.; NOBRE, A.D.; LUIZÃO, R.C.; LUIZÃO, F. J. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in Western Amazônia. **Agriculture Ecosystem Environment**, v.102, p.409-414, 2004.
- ALLISON, V. J.; CONDRON, L. M.; PELTZER, D. A.; RICHARDSON, S. J.; TURNER, B. L. Changes in enzyme activities and soil microbial community composition along carbon and nutrient gradients at the Franz Josef chronosequence. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, n.7, p.1770-1781, 2007.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; MÜLLER, M. W.; SENA-GOMES, A. R.; MATOS, P. G. G. **Pesquisa em sistemas agroflorestais e agricultura sustentável: manejo do sistema.** Workshop Latino-americano sobre Pesquisa de Cacau, Ilhéus, Bahia, Anais... 2002.

- ALMEIDA, D. de O. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro**. 2012. 108p. Dissertação, (Doutorado em Ciência do Solo). Porto Alegre, RS, Março, 2012.
- ALMEIDA, D. de O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1140-1147, 2016.
- ALMEIDA, E. F.; POLIZEL, R. H. P.; GOMES, L. C.; XAVIER, F. A. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana em sistema agroflorestal na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, out. 2007.
- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos. **Revista Ciência Agrotecnica**, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from tree tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v.33, p.17-28,1995.
- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5. Aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.25-32.
- ALVES, dos S. E.; **Caracterização de dendezeiros subespontâneos com base na produção de frutos e cachos**. 2010. 74p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz, ILHÉUS-BAHIA, 2010.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, n.3, p.393-395, 1993.
- ARAÚJO, A. D. F.; LEITE, L. F. C.; IWATA, B. F.; LIRA JR, M. A.; XAVIER, G. R.; FIGUEIREDO, M. V. B. Microbiological process in agroforestry systems. A review. **Agron Sustain**, v.32, p.215-226, 2012.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Revista Biosci. J**, v.23, n.3, p.66-75, 2007.
- ARAÚJO, E. A. de. **Qualidade de solos em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental**. 2008. 233p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ARCO-VERDE, M. F.; SILVA, I. C.; MOURÃO, J. M. Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista Floresta**, v.39, n.1, p.11-22, 2009.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.425-435, 2005.
- ARMANDO, M. S. **Agrodiversidade: Ferramenta a Serviço de uma Agricultura Sustentável**. Brasília: Embrapa - Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 21 p. (Série Documentos).
- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B. E.; OLIVEIRA, J. De M.; WRUCK, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração

- lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.19, n.4, p.309-316, 2015.
- BAKER, L. R.; WHITE, P. M.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in microbial properties after manure, lime, and bentonite application to a heavy metal-contaminated mine waste. **Applied Soil Ecology**, v.48, p.1-10, 2011.
- 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, n.4, p.641-649, 1998.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.1471-1479, 1999.
- BANNING, N. C.; GRANT, C. D.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Recovery of soil organic matter, organic matter turnover and nitrogen cycling in a post-mining forest rehabilitation chronosequence. **Soil Biology and Biochemistry**, v.40, p.2021-2031, 2008.
- BARBOSA, R. I. **Distribuição das chuvas em Roraima**. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G. & CASTELLÓN, E.G., eds. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, 1997. p.325-335.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; FONTES, A. G.; POLIDORO, J. C.; MOÇO, M. K. S.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.81, p.213-220, 2011.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de suelos**. México: Union Tipografia Editorial Hispano-Americana, 1973. 529p.
- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.781-787, 2009.

- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às de campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.829-834, 2002.
- BIONDI, C. M.; NASCIMENTO, C. W. A. do; NETA, A. de B. F.; RIBEIRO, M. R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, 2011.
- BIRANI, S. M.; FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. S.; PEDROSO, A. J. S.; ALLEONI, L. R. F. Available contents of potentially toxic elements in soils from the Eastern Amazon. **Chemie der Erde-Geochemistry**, v.75, n.1, p.143-151, 2015.
- BOLINDER, M. A.; ANGERS, D. A.; GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. The response of soil quality indicators to conservation management. **Revista Canadian Journal of Soil Science**, v.79, p.37-45, 1999.
- BOMBONATTO, A. K. G. **Uso de enzimas como indicadores biológicos da qualidade de solos do Cerrado com cultivo de cana-de-açúcar**. 2014. 59P. (Licenciatura em Química). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades de solos. 7ª. edição, Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.131-139, 2010.
- BURNS, R. G.; DE FOREST, J. L.; MARXSEN, J.; SINSABAUGH, R. L.; STROMBERGER, M. E.; WALLENSTEIN, M. D.; WEINTRAUB, M. N.;

- ZOPPINI, A. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v.58, p.216-234, 2013.
- CAMPOS, P. M.; LACERDA, M. P. C.; SILVA, C. L. da.; SÁ, M. A. C. de.; SOUSA, D. M. G. de. Drenagem interna como fator de diferenciação de Latossolos do Distrito Federal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.3, p.306-314, 2010.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1028-1035, 2010.
- CARDOSO, I. M.; JANSSEN, B.H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Phosphorus pools in Oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brasil. **Agroforestry Systems**. v.58, p.55-64, 2003.
- CARNEIRO, S. P. **Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do cerrado**. 2010. 125p. Dissertação (Mestrado Geografia e Análise Ambiental do Instituto de Geociências). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.
- CARVALHO JUNIOR, I. A.; FONTES, L.E.F. & COSTA, L.F. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.505-514, 1998.
- CASTRO, A. P. de.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Revista Acta Amazônica**, v.39, n.2, p.279-278, 2009.
- CHAER, G. M. **Modelos para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2011. 100p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2011.

- CHAVES, L. H. G.; FARIAS C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.211-218, 2009.
- CHAVES, S. H, dos R.; PAVA, R. D. S. R. de.; CAMPOS, W. V. da S.; RODRIGUES, S. J. S. de C.; VASCONCELOS, S. S. Estoque de raízes, serapilheira e carbono no solo de sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **V Simpósio de Estudo e Pesquisa em Ciências Ambientais na Amazônia, Belém (PA), 16-18 de novembro de 2016.**
- COLODEL, J. R. **Atributos físicos e biológicos de um argissolo em diferentes sistemas de uso agrícola na região amazônica.** 2014. 55p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos). Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta-MT, 2014.
- CONAMA -CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009. p.81-84. **Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>.** Acesso em: 15 maio de 2017.
- CORDEIRO, A. C. C. et al. **Desenvolvimento vegetativo de dendezeiro em ecossistemas de cerrado e floresta de Roraima.** Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. 13p. (Embrapa Roraima Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 10).
- COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.993-1004, 2012.
- CRUZ, D. L. de S.; VALE JÚNIOR, J. F. do.; CRUZ, P. L. de S; CRUZ, A. B. de S.; NASCIMENTO, P. P. R. R. atributos físico-hídricos de um Argissolo amarelo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.307-314, 2014

- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I- atributos físicos do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.603-611, 2011.
- DANIEL, O.; PEZZONI, T.; NOGUEIRA, I. M. B.; CREMON, T.; VITORINO, A. C. T. Relações alométricas em árvores de *pterodon emarginatus* vogel em um sistema silvipastoril. **Revista Cerne**, Lavras, v.19, n.1, p.141-149, jan./mar. 2013.
- DELARMELINDA, E. A.; SAMPAIO, F. A. R.; DIAS, J. R. M.; TAVELLA, L. B.; SILVA, J. S. Adubação verde e alterações nas características químicas de um cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.625-628, 2010.
- DEMARCHI, J. C. Alterações físicas e químicas dos horizontes superficiais de Latossolos vermelhos e Nitossolos vermelhos em diferentes tipos de uso e ocupação na microbacia do ribeirão são domingos, município de santa cruz do rio pardo - SP. 2009. **Disponível em:** http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo7/017.pdf. Acesso em: 02 maio 2017.
- DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. **Biology and Fertility Soils**, Heidelberg, v.24, p.141-146, 1997.
- DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: MBDF, 2011, 215p.
- DIAS FILHO, M. B. **Estratégias de Recuperação de Pastagens Degradadas na Amazônia Brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, 1ª edição. Belém, PA, 2015, 27p.
- DIAS FILHO, M. B. **Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação**. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (eds.). Recuperação de áreas degradadas.

Viçosa: UFV-DPS/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.135-149.

DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzymes activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. eds. Methods for assessing soil quality. **Soil Soc. Am**, p.247-271, 1996. (Special publication, 49).

DONI, S.; MACCI, C.; CHEN, H.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. Isoelectric focusing of β -glucosidase humic-bound activity in semi-arid Mediterranean soils under management practices. **Biology and Fertility of Soils**, v.48, p.183-190, 2012.

DRESCHER, M. S.; FLÁVIO LUIZ FOLETTO ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1713-1722, Sept./Oct. 2011.

DUFRANC, G., Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, 2004.

EBELING, A. G.; ANJOS, C. H. L.; PEREZ, V. D.; PEREIRA, G. M.; VALLADARES, S. G. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v.67, n.2, p.429-439, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Embrapa Informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2da edição revista e ampliada, Brasília, DF, 2009. 627p.

FADIGAS, F. S.; SOBRINHO, N. M. B. do A.; ANJOS, L. H. C.; MAZUR, N. Background levels of some trace elements in weathered soils from the Brazilian Northern region. **Scient Agricola**, v.67, n.1, p.53-59, 2010.

- FERNANDES, M. F.; FERNANDES, R. P. M.; ANJOS, J.; SOBRAL, L. F.; ARAÚJO, A. S. Efeito da saturação por bases sobre a atividade das fosfatases em solos do tabuleiro costeiro cultivado com citrus II. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.403-410, 1998.
- FERREIRA, A. O.; MORAES SÁ, J. C.; HARMS, M. G.; MIARA, S.; BRIEDIS, C.; NETTO, C. Q.; SANTOS, J. B.; CANALLI, L. B. Carbon balance and crop residue management in dynamic equilibrium under a no-till system in campos gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1583-1590, 2012.
- FERREIRA, C. B. B.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V. da; MOREIRA, D. A.; BARROS, W S.; MATIELLO, R. R. Diversidade genética molecular de progênies de dendezeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.47, n.3, p.378-384, 2012.
- FERREIRA, D, F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FILHO, J. A.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. Estrutura do solo In: **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza – CE. Cap.5, 2008, 289p.
- FREITAS, G. A. de.; BENDITO, B. P. C.; SANTOS, A. C. M. dos; SOUSA, P. A. de. Diagnóstico ambiental de áreas de pastagens degradadas no município de Gurupi-TO. **Macapá**, v.6, n.1, p.10-15, 2016.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1489-1499, 2008.
- GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.2, p.269-276, 2007.

- GARCÍA-RUIZ, G.; OCHOA, V.; HINOJOSA, M. B.; CARREIRA, J. A. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, p.2137-2145, 2008.
- GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1085-1091, 2008.
- GOMES, P. C.; FILHO, W. M.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.235, p.223-233, 1994.
- GOSAI, K.; ARUNACHALAM, A.; DUTTA, B. K. Tillage effects on soil microbial biomass in a rainfed agricultural system of northeast India. **Soil & Tillage Research**, v.109, p.68-74, 2010.
- GUEDES FILHO, O.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A. Structural properties of the soil seedbed submitted to mechanical and biological chiseling under no-tillage. **Revista Geoderma**. v.204-205, p.94-101, 2013.
- HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.
- HUGEN, C.; MIQUELLUTI, D. J.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A. de; FERREIRA, E. R. N. C.; POZZAN, M. Teores de Cu e Zn em perfis de solos de diferentes litologias em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.6, p.622-628, 2013.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288-296, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 1 de julho de 2008. **Disponível em:** https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Jo%C3%A3o_da_Baliza#cite_note-IBGE_DTB_2008-1. acesso em: 01 de maio de 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2da edição, n.4, Rio de Janeiro, 2007. p.316.

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 Ambiental**, v.16, n.7, 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**, Goiânia, v.38, n.2, p.118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; LADD, L. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil Biology & Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.5, p.415-471, 1981.

JUNQUEIRA, A. da C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. de Jesus M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.102-115, 2013.

KANDELER, E.; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology and Fertility of Soils**, v.6, p.68-72, 1988.

KASS, D. C. L. **Fertilidad de Suelos**. 1ª ed. EUNED. San José, Costa Rica, 1996. 272p.

- KEDI, B.; SEI, J.; QUIQUAMPOIX, H.; STAUNTON, A. Persistence of catalytic activity of fungal phosphatases incubated in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.56, p.69-74, 2013.
- KIEHL, E. K. **Manual de edafologia: relações solo-água-planta**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KLEIN, V. A. e LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.857-867, 2002.
- KLEIN, V. A. **Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira**. Passo Fundo: ed. UPF, 2005, 61p.
- KLUMPP, A.; HINTEMANN, T.; SANTANA LIMA, J.; E. Bioindication of air pollution effects near a copper smelter in Brazil using mango trees and soil microbiological properties. **Environmental Pollution**, v.126, p.313-321, 2003.
- LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M. da; SILVA, M. B. da; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Atividade de uréase no solo com feijoeiro influenciado pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.6, Viçosa Nov./Dec. 2010.
- LAVELLE, P. **Ecological challenges for soil science**. Revista Soil Science, v.165, n.1, p.73-86, 2000.
- LIMA, C. B.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial de cobre, ferro, manganês e zinco em solos da região oeste do Rio Grande do Norte. **Caatinga**, v.16, n.01, p.63-67, 2003.
- LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.199-205, 2003.
- LIMA, S. S. de.; AQUINO, A. M. de.; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes

- agroecossistemas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.322-331, mar. 2010.
- LIMA, S. S. de.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, F. C.; CASTRO, A. A. J. F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.1, p.75-84, 2010.
- LIMA, S. S. de.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agrofloretais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.51-60, 2011.
- LIRA, E. M.; WADT, P. G. S.; GALVÃO, A. S.; RODRIGUES, S. G. Avaliação da capacidade de uso da terra e dos impactos ambientais em área de assentamento na Amazônia Ocidental. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, p.316-326, 2006.
- LOPES, A. D. O. **Cultivos intercalares em fase inicial de desenvolvimento e desempenho produtivo de cultivares de palma de óleo em diferentes ambientes de Roraima**. 2014. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR, 2014.
- LOPES, A. D. O.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOZANO, R. M. B.; ALVES, A. B.; MACIEL, F. C. da S. Viabilidade técnica e avaliação financeira de cultivos intercalares no desenvolvimento inicial da palma-de-óleo em Roraima. **Revista Ciências Agrárias**. v.58, n.4, p.442-450, out./dez. 2015.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. (Boletim técnico nº2). São Paulo: ANDA, julho. 1992. 37p.
- LOSS, A.; ANGELINI, G. A. R.; PEREIRA, A. C. C.; LÃ, O. R.; MAGALHÃES, M. O. L.; SILVA, E. M. R.; JUNIOR, O. J. S. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestral, Brasil. **Acta Agronômica**, Palmira, Colômbia, v.58, n.2, apr./june, 2009.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. de P.; OLIVEIRA, R. A. de; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.

Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v.39, p.1212-1224, 2015.

LOSS, A; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um argissolo vermelho-amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.1, p.68-75, jan. 2009.

MACIEL, F. C. da S. **Desenvolvimento vegetativo e produtivo de cultivares de palma de óleo (*Elaeis guineensis*, jacq) em fase juvenil em ecossistemas de savana e floresta alterada de Roraima**. 2012. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR, 2012.

MACIEL, F. C. da S.; CORDEIRO, A. C. C.; LIMA, A. C. S.; CORREIA, R. G.; SILVA, W. L. M. da.; LOPES, A. D. de O. Desenvolvimento vegetativo de cultivares de palma de óleo dos 14 aos 34 meses de idade em ecossistemas de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.7, n.3, p.304-312, Set./Dez. 2013.

MACIEL, G. A.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; de OLIVEIRA, G. C. Relação de atributos físicos do solo e produtividade de pastagem em sub-bacias hidrográficas do município de Lavras-MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, Edição Especial, p.2025-2030, 2009.

MAGALHÃES, S. S. de A.; WEBER, O. L. dos S.; SANTOS, C. H. dos.; VALADÃO, F. C. de A. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. **Revista Acta Amazonica**, v.43, n.1, p.63-72, 2013.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.381-392, 2008.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a

- qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v.30, p.837-848, 2006.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo, SP: Ed. Agronômica Ceres, 1992. 124p.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural e submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, 2000.
- MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.1883-1890, 2010.
- MAZURAK, A. P. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. **Soil Sci.**, v.69, p.135-148, 1950.
- MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H. da.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1185-1195, 2013.
- 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. **Revista Bragantia**, Campinas v.75, n.1, p.79-86, 2016.
- MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VALE JÚNIOR, J. F.; UCHÔA, S, C, P. **Aspectos pedológicos e de manejo dos solos de Roraima**. In: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (orgs.). **Homem, ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Boa Vista: FEMACT, 2010, p.391-408.

- MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; MELO, V. P. Enzimas no solo. 2008. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/wjmelo/TEXTOS/FERTBIO2008.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2017.
- MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. Biological functioning of brazilian cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v.359, p. 183-195, 2012.
- MENDOÇA, E. de S.; MATOS, E. da S. **Matéria orgânica: métodos de análises**. Viçosa-MG, 2005. 107p.
- MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.34, n.4, p.479-485, 2008.
- MESQUITA, I. L.; ROCHA, R. N. C.; RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, P. C. **Alterações químicas em um latossolo amarelo muito argiloso em Função de diferentes sistemas de cultivo do dendezeiro**. Anais da IV jornada de iniciação científica da Embrapa Amazônia ocidental. 2011. p.132-145.
- MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, I. P. A.; TAVARES, V. B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-Mombaça, capim-Marandu e capim-Andropogon em vasos. **Rev Bras Zootecn**, v.33, p.290-301, 2004.
- METTING JUNIOR, F. B. **Soil microbial ecology: Applications in agricultural and environmental management**. New York: Marcel Dekker, 1992. 646p.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2006. 285p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. POTAFOS, Informações Agronômicas (Encarte Técnico), Piracicaba, n.92, dezembro 2000. p.1-8.

- MONOKROUSOS, N.; PAPTAEODOROU, E. M.; DIAMANTOPOULOS, J. D.; STAMOU, G. P. Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites. **Revista Soil Biology & Biochemistry**. v.38, p.1282-1289, 2006.
- MONTEIRO, F. A. WERNER, J. C. **Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens**. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, Anais... Jaboticabal: FUNEP, p. 149-192. 1989.
- MORAIS, R. P.; RODRIGUEZ, V. K. M.; VERAS, A. T. D.; NETA, L. C. B.; Aspectos Fisiográficos da Paisagem em São João da Baliza - RR e sua Favorabilidade na Plantação da Palma de Óleo para a Produção de Biodiesel. **Revista Geonorte**, edição especial, v.3, n.4, p.42-50, 2012.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª ed. atualizada e ampliada – Lavras, MG. Editora UFLA, 2006. 744p.
- MOSCATELLI, M. C.; LAGOMARSINO, A.; GARZILLO, A. M. V.; PIGNATARO, A.; GREGO, S. β -Glucosidase kinetic parameters as indicators of soil quality under conventional and organic cropping systems applying two analytical approaches. **Ecological Indicators**, v.13, n.1, p.322-327, 2012.
- MOURA, P. M. de.; BEZERRA, S. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, A. C. Efeito da compactação em dois solos de classes texturais diferentes na cultura do rabanete. **Revista Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.21, n.5 p.107-112, Dez. 2008.
- NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F. Extração seqüencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.240-249, 2009.
- NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. F. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.49-53, 1994.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. **Degradação das pastagens e critérios para avaliação**. In: Peixoto, A. M.; MOURA, J. C.;

- FARIA, V.P. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, Piracicaba, 1994. Anais...Piracicaba: FEALQ, 1994. 325p.
- NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; CUNHA, E. DE Q.; FERREIA, E. P. DE B. LEANDRO, W. M.; DIDONET, A. Determinação da Biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistema de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, nov. 2009.
- NASCIMENTO, M. C.; RIVA, R. D. D.; CHAGAS, C. S.; OLIVEIRA, H.; DIAS, L. E.; FERNANDES-FILHO, E. I.; SOARES, V. P. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.196-202, 2006.
- NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, A. P. da.; NORONHA, N. C.; CERRI, C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.37, n.1, p.232-241, Viçosa Jan./Feb. 2013.
- NEVES JUNIOR, A. F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia**. 2005. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2005.
- NICODOLI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre os tipos e indicadores de acidez do solo em lavouras no sistema plantio direto na região do planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1217-1226, 2008.
- NIELSEN, M. N. & WINDING, A. **Microorganisms as indicators of soil health**. National Environmental Reserch Institute, Denmark. Technical Report n° 388, 2002.
- NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; DUARTE, R. T. D.; GIOPPO, N. M..R.; MENNA, O.; ORLANDI, J. M.; RAIMAM, M. P.; RAMPAZO, L. G. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, M. E. Z.; VIEIRA, F. P.; TOREZAN, J. M. D.; HUNGRIA, M.;

- ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural reforested and agricultural land use in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.115, p.237-247, 2006.
- NOVAIS, R. F. de.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV-DPS, p.62-64, 1999.
- NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de. Sustainable agriculture and forestry production systems on acid soils: Phosphorus as a case-study. In: MONIZ *et al.* (Ed.). Plant – soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. **Brazilian Soil Science Society**, Campinas, Brasil. 1996. p.39-51.
- NUNES, L. A. P. L.; LIMA, L. M.; CARNEIRO, R. F. V.; TSAI, S. M.; SALVIANO, A. A. C. Land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. **Pedosphere**, v.22, p.88-95, 2012.
- OADES, J. M. The retentions of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, 1988, v.5, p.35-70.
- OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, p197-200, 1968.
- OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; CASTAGNARA, D. D.; GOMES, F. C. N. Efeito da adubação com fósforo do capim mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. **Arch. Zootec.** v.61, n.235, p.397-406, 2012.
- PALEDO, R.; COSTABEBER, J. A.; Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.2, p.63-76, 2012.
- PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.164, p.14-22, 2013.

- PAVAN, M.A.; ROTH, C.H. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of a Brazilian Oxisol. **Ciência e Cultura**, v.44, p.391-394, 1992.
- PAZ-FERREIRO, J.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M. C.; SEOANE, S.; GIL-SOTRES, F. Effect of management and climate on biochemical properties of grassland soils from Galicia (NW Spain). **European Journal of Soil Biology**, v.46, p.136-143, 2010.
- PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. 2010. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Jaboticabal - SP, Julho de 2010.
- PENEIREIRO, F. M. Sistema **Agroflorestal dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. 149p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1999.
- PENNOCK, D. J.; ZEBARTH, B. J.; JONG, E. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. **Geoderma**, v.40, p.297-315, 1987.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e P remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.5, n.5, p.508-514, maio, 2010.
- PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de.; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, C. C. Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo bambuí – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1283-1295, 2010.
- PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.655-661, Maio/Jun. 2004.
- PIMENTA, M. M. L.; ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; STAFANATO, J. B. **Fertilidade do solo em pastagens cultivadas sob**

- diferentes manejos, no noroeste do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.11, p.1136-1142, nov. 2010.
- PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; COSTA, J. R.; RICCI, M. S. F.; DE-POLLI, H. Atributos Biológicos Do Solo Sob Manejo Orgânico De Cafeeiro, Pastagem e Floresta em Região do Médio Paraíba Fluminense-RJ, **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.85-93, 2006.
- PRAGANA, R. B.; NOBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. **Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em latossolos amarelos na região do cerrado piauiense sob sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.851-858, 2012.
- QIAN, X.; GU, J.; SUN, W.; LI, Y.; FU, Q.; WANG, X.; GAO, H. Changes in the soil nutrient levels, enzyme activities, microbial community function, and structure during apple orchard maturation. **Applied Soil Ecology**, v.77, p.18-25, 2014.
- QUINTELA, P. D. A.; MIRANDA, P. R. dos S.; RODRIGUES, E. de C. F.; CRAVO, M. da S. Análise da produtividade de feijão caupi consorciado com palma de óleo (dendê) em Tailândia, Pará. IV Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. Belém (PA), 2015. 707p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Ed. Agronômica Ceres/POTAFOS. Piracicaba, SP. 1991. 343p.
- RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, C. A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Revista Bragantia**, v.69, p.149-155, 2010.
- REICHERT, J. M. SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.49-134, 2007.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

- REID, J. B.; GOSS, M. J. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. **J. Soil Sci.**, v.33, p.47-53, 1982.
- RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J.; SILVA, J. E. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1991. 22p. (Documentos, 36).
- RIENZO, J. A. di.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponível em URL <http://www.infostat.com.ar>.
- RODOLFO-JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; BATISTA, F. P. S.; OLIVEIRA, D. N. S.; LACERDA, M. P. C. relações solo-paisagem em topossequências na fazenda água limpa, distrito federal. **Revista Nativa, Sinop**, v.3, n.1, p.27-35, 2015.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudo da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. **Biomassa Microbiana do Solo: Fração mais Ativa da Matéria Orgânica**. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados – MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, 163-198 p.
- RUSSEL, E.W. **Soil conditions and plant growth**. 10.ed. London: Longman, 1973.
- SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.667-674, 2010.

- SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 109p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, maio de 1998.
- SALIMON, C. I. **Respiração do solo sob florestas e pastagens na Amazônia Sul-Ocidental, Acre**. 2003. 112p. Tese (Doutorado em Ciência em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.
- SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. **Determinação da agregação do solo-Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. Comunicado Técnico 184. Dourados, MS: Dezembro, 2012. 8p.
- SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazônica**, v.43, n.4, p.395-406, 2013.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M. da.; SILVEIRA, P. M. da.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1339-1348, 2011.
- SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology & Fertility of Soils**, v.35, p.96-101, 2002.
- SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. de C.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. **Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central**. Revista Acta Amazônica, v.36, n.4, p.503-512, 2006.
- SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, 2012.

- SILVA, E. E. da.; AZEVEDO, P. H. S. de.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. Comunicado Técnico 98. Serapédica/RJ: Agosto, 2007. 6p.
- SILVA, E. E. da.; AZEVEDO, P. H. S. de.; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. Comunicado Técnico 99. Serapédica/RJ: Agosto, 2007. 4p.
- SILVA, E. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.22, p.311-317, 1998.
- SILVA, G. R.; SENA, W. L.; SILVA JUNIOR, M. L. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana como indicadores ambientais de um latossolo amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, Marituba, Pará, v.48, p.84, 2007.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.113-117, 1997.
- SILVA, I. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Biological activity of soils under systems of organic farming, agroforestry and pasture in the Amazon. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.45, n.3, July/Sept. 2014.
- SILVA, J. J. da.; DANIEL, O.; CREMON, T.; NOGUEIRA, I. M. B. Modelos de sistemas agroflorestais para a mesorregião sudoeste de mato grosso do sul. **Revista Extensão Rural**, DEAER/PPGExR – CCR –UFMS, Ano XVII, nº 19, Jan./Jun. 2010.
- SILVEIRA, A. de O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. 2007. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Porto Alegre (RS), março de 2007.

- SMILEY, G. L e KROSCHEL, J. Temporal change in carbon stocks of cocoa-gliceridia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry System**, v.73, p.219-231, 2008.
- SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTZKY, G. (eds.). **Revista Soil Biochemistry**. v.6, p.357-396, 1990.
- SMITH, L.S.; HILL, R. L.; LEHMAN, I.R.; LEFKOWITZ, R.J. **Bioquímica: Aspectos gerais**. Rio de Janeiro: 7. ed. Guanabara Koogan, 1985, 170p.
- SOUSA, M. I. L. de. **Qualidade físico-hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob agroecossistema e floresta nativa no Norte da Amazônia Roraima**. 2010. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR, 2010.
- SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.367-372, 1997.
- SOUZA, M. C. S. de. **Monitoramento de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas da floresta ombrófila densa: caso Paraty-RJ**. 2009. 98p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural). Universidade Federal de São Carlos. 2009.
- SOUZA, M. F. P.; SILVA, M. P.; ARF, O.; CASSIOLATO, A. M. R. Chemical and biological properties of phosphorus-fertilized soil under legume and grass cover (cerrado region, brasil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1492-1501, 2013.
- SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil Res**, v.30, p.195-207, 1992.
- SPEIR, T. W. ROSS, D. J. **Soil phosphatase and sulphatase**. In: Burns, R.G. (Ed.), **Soil Enzymes**. Academic Press, New York, p.197-245, 1978.

- SPERA, S. T.; DENARDIN, J. E.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P. dos.; FIGUEROA, E. A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. p. 2008.
- STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.
- STOTT, D. E.; ANDREWS S. S.; LIEBIG, M. A.; WIENHOLD, B. J.; KARLEN, D. L. Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Biology and Biochemistry**, v.74, n.1, p.107-119, 2010.
- TABATABAI, M. A. **Soil enzymes**. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P. J. eds. *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison, Soil Sci. Soc. Am, v.2, p.778-835, 1994.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.
- TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. M. da. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um latossolo vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.2, p.211-219, 2007.
- UBERTI, A.A.; KLAMT, E. Relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.229-234, 1984.
- UMRANI, R.; JAIN, C. K. **Agroforestry Systems and Practices**. Jaipur: Oxford Book Company, 2010.
- VIEIRA, J. S. **Disponibilidade e variabilidade espacial de cobre, ferro, manganês e zinco nos solos do sertão central do Ceará**. 2016. 47p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - manejo e Conservação de Solo e Água). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2016.

- VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M. dos; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Revista Acta Amazônica**, v.37, n.4, p.549-558, 2007.
- VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.14, p.9-11, mai/jun 2002.
- WEI, K.; CHEN, Z.; ZHU, A.; ZHANG, J.; CHEN, L. Application of ^{31}P NMR spectroscopy in determining phosphatase activities and P composition in soil aggregates influenced by tillage and residue management practices. **Soil and Tillage Research**, v.138, p.35-43, 2014.
- XU, X.; NIEBER, J. L.; GUPTA, S. C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Sci. Soc. Am. J**, v.56, p.1743-1750, 1992.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, v.37, n.04, p.1000-1007, 2007.
- ZANOELO, F. F.; LOURDES, M.; POLIZELI, T. M.; TERENCEZI, H. F.; JORGE, J. A. β -glucosidase activity from the thermophilic fungus *Scytalidium thermophilum* is stimulated by glucose and xylose. **FEMS Microbiology Letters**, v.240, n.2, p.137-143, 2004.
- ZHANG, C.; LIU, G.; XUE, S.; SONG, Z. Rhizosphere soil microbial activity under different vegetation types on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, v.161, p.115-125, 2011.
- ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.374-382, 2015.
- ZORNOZA, R.; GUERRERO, C.; MATAIX-SOLERA, J.; ARCENEGUI, V.; GARCIA-ORENES, F.; MATAIX-BENEYTO, J. Assessing air-drying and rewetting pre-

treatment effect on some soil enzyme activities under Mediterranean conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, p.2125-2134, 2006.

APÊNDICES

Apêndice A - Quadrados médios e significância do teste F para as variáveis: areia, silte, argila, índice de floculação (IF), grau de dispersão (GD), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), volume total de poros (VTP) e, densidade do solo (Ds).

FV	GL	Quadrados Médios								
		Areia	Silte	Argila	IF	GD	Mac	Mic	VPT	Ds
Tratamento (T)	5	136047,36**	9806,95**	80399,93**	1752,65**	1752,65**	210,08**	737,02**	197,38**	0,030**
Resíduo a	18	918,45	375,83	431,29	6,69	6,69	3,30	4,71	2,69	0,0012
Profundidade (P)	2	197002,33**	19452,44**	95572,58**	4339,17**	4349,17**	467,65**	483,02**	19,63**	0,105**
T x P	10	3347,44**	3006,19**	2210,27**	280,60**	280,60**	43,18**	11,60**	29,71**	0,012**
Resíduo b	36	293,02	192,21	224,07	4,09	4,09	3,04	1,56	1,65	0,0009
Media Geral		644,52	93,93	260,58	60,09	39,91	13,14	28,42	41,56	1,38
CV 1 (%)		4,70	20,64	7,97	4,30	6,48	13,83	7,63	3,94	2,48
CV 2 (%)		2,66	14,76	5,74	3,37	5,07	13,27	4,40	3,10	2,15

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Apêndice B - Quadrados médios e significância do teste F para os valores das distribuições das classes de tamanho dos agregados, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e, o índice de sensibilidade (IS).

FV	GL	Quadrados Médios									DMP	DMG	IS
		8-4 mm	4-2 mm	2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,105 mm	0,105-0,053 mm	<0,053 mm				
Tratamento (T)	5	544,25**	36,20**	10,09**	43,78**	55,84**	14,50**	0,31**	0,72**	1,51**	4,09**	0,065**	
Resíduo a	18	8,35	6,41	1,12	1,45	0,94	0,16	0,03	0,12	0,02	0,06	0,0019	
Profundidade(P)	2	1130,36**	263,28**	12,21**	52,22**	24,78**	1,19*	0,01ns	0,29*	1,97**	3,19**	0,192**	
T x P	10	237,85**	101,98**	2,20ns	18,52**	16,27**	0,98**	0,15**	0,49**	0,39**	0,66**	0,016**	
Resíduo b	36	22,41	9,97	2,27	0,98	0,46	0,23	0,04	0,08	0,04	0,08	0,0023	
Media Geral		71,78	15,41	2,31	3,33	3,04	1,83	0,43	0,68	4,84	4,03	1,01	
CV 1 (%)		4,02	16,43	45,82	36,17	31,82	21,83	40,78	50,68	2,62	5,95	4,30	
CV 2 (%)		6,60	20,49	65,28	29,75	22,19	26,13	44,51	40,68	3,97	7,06	4,82	

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Apêndice C - Quadrados médios e significância do teste F, para os valores de pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), fósforo disponível (P-disp), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), micronutrientes zinco (Zn^{2+}), ferro (Fe^{3+}) e, o manganês (Mn^{2+}).

FV	GL	Quadrados Médios								
		pH	COT	Nt	P-disp	Al^{3+}	H+Al	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Mn^{2+}
Tratamento (T)	5	2,469**	0,324**	0,001**	102,504**	0,087**	1,550**	367,370**	22525,531**	258,362**
Resíduo a	18	0,085	0,020	0,00003	1,534	0,0006	0,167	20,776	949,033	17,140
Profundidade (P)	2	2,612**	3,307**	0,011**	108,118**	0,133**	0,012ns	474,199**	77370,803**	3952,245**
T x P	10	0,094**	0,064**	0,0002**	21,549**	0,005**	0,663**	82,920**	30234,890**	69,235**
Resíduo b	36	0,019	0,010	0,00003	0,636	0,0002	0,074	9,812	641,367	6,335
Media Geral		5,560	0,913	0,044	3,731	0,108	2,701	10,170	148,233	14,266
CV 1 (%)		5,26	15,08	11,88	33,19	21,81	15,13	44,82	20,78	29,02
CV 2 (%)		2,51	11,04	11,57	21,37	14,06	10,08	30,80	17,08	17,64

Onde: n.s. - não significativo ($p>0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p\leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p\leq 0,01$).

Apêndice D - Quadrados médios e significância do teste F, para os valores de condutividade elétrica do solo (CEs), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica total (CTCt), efetiva (CTCe), saturação por bases (V) e, a saturação por alumínio (m).

FV	GL	Quadrados Médios									
		CEs	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SB	CTCT	CTCt	V	m
Tratamento (T)	5	2,986**	0,013**	0,101**	0,442**	0,197**	1,606**	4,233**	1,170**	328,722**	901,486**
Resíduo a	18	0,500	0,000	0,00005	0,010	0,012	0,022	0,191	0,221	17,348	4,574
Profundidade (P)	2	8,509**	0,005**	0,002**	1,855**	0,197**	3,655**	3,879**	2,434**	774,724**	1474,368**
T x P	10	0,182*	0,000ns	0,0001**	0,238**	0,021*	0,248**	0,770**	0,278**	142,497**	112,991**
Resíduo b	36	0,088	0,000	0,00001	0,014	0,009	0,026	0,099	0,027	9,561	2,244
Media Geral		4,934	0,102	0,178	0,726	0,285	1,292	3,989	0,400	31,965	9,640
CV 1 (%)		14,28	8,30	3,76	13,86	38,31	11,46	10,95	10,47	13,03	22,19
CV 2 (%)		6,00	6,70	2,19	16,22	32,77	12,51	7,87	11,73	9,67	15,54

Onde: n.s. - não significativo ($p>0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p\leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p\leq 0,01$).

Apêndice E - Quadrados médios e teste F, para os valores de respiração basal do solo acumulada em 24 dias (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e, o quociente do carbono microbiano ($qCmic$).

FV	GL	Quadrados Médios						
		RBS	C-BMS	qCO_2	$qCmic$	β -Gluc	Urease	Fosf Áci
Tratamento	5	9,50**	1918,83**	0,015**	0,09**	425,47**	847,58**	14463,7**
Resíduo	18	0,024	14,911	0,00018	0,020	29,178	17,570	261,510
Media Geral		20,942	89,600	0,245	1,173	38,610	122,658	140,643
CV (%)		0,74	4,31	5,53	11,97	13,99	3,42	11,50

Onde: n.s. - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo em nível de 5% ($p \leq 0,05$); ** - significativo em nível de 1% ($p \leq 0,01$).

Apêndice F – Fa) Descrição do Argissolo Vermelho-Amarelo; **Fb)** Solo sob a cultura de dendezeiro.

